سلسلۂ نصابات علمیہ جامعۂ عثمانیہ

طبیعیات عملی

جلد اوّل

(آواز و روشنی)

ترجمۂ ٹکسٹ بک آف پراکٹیکل فزکس مصنفۂ ایچ۔ ایس۔ ایلن و ایچ مور لکچراران کنگز کالج

(لنڈن یونیورسٹی)

معہ ترمیم و اضافہ

برائے بی۔ اے

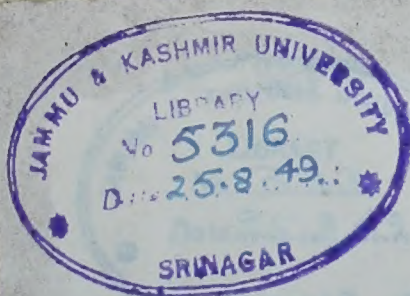
از

مولوی محمد عبد الرحمن خان صاحب بی۔ ایس۔ سی آنرز (لنڈن)

اسوشیئٹ آف دی رائل کالج آف سائینس (لنڈن) فیلو آف دی فزیکل سوسائٹی آف لنڈن

پروفیسر فزکس (طبیعیات) نظام کالج

۱۳۴۰ھ م ۱۳۳۱ف م ۱۹۲۱ء

مطبوعۂ دار الطبع سرکار عالی حیدرآباد دکن

یہ کتاب مسرز میکملن اینڈ کمپنی کی اجازت سے
اُردو میں ترجمہ کر کے طبع و شایع کی گئی ہے۔

تمہید منجانب مترجم

اصل کتاب کی تمہید میں ڈاکٹر اچ۔ یس۔ ایلن اور ریچ موئر نے
اس کی صراحت کر دی ہے کہ کتاب کا بیشتر حصہ ابتداً کنگز
کالج لندن کے فزکس کی ابتدائی جماعتوں کے طلباء کے لئے بطور
مختصر ہدایات لکھا گیا تھا۔
بعد میں جب اس کو کتاب کی شکل میں منضبط کرنے کی تجویز ہوی
تو انہوں نے نہ صرف طبیعیات کے طلباء کی ضرورتوں کو مدنظر
رکھہ کر تجربوں کا انتخاب کیا بلکہ انجنیرنگ اور طب وغیرہ کے
طالب علموں کے عملی امتحانوں کی بھی رعایت رکھی۔ اکثر تجربے
آسان ہیں اور کم قیمت آلات کے ذریعہ عمل میں آسکتے ہیں۔ بیش
قیمت اور مکمل آلات سے تجربہ کرنے میں طالب علم کو کم محنت
اٹھانی پڑتی ہے اس لئے کہ ان کی عملی ترتیبیں پہلے ہی سے درست
ہوتی ہیں۔ صرف چند امور کا مشاہدہ کر کے نتائج قلمبند کرنا
پڑتا ہے۔ اس سے اس کی فراست اور باریک بینی کی کافی
تربیت نہیں ہو سکتی اور وہ بطور خود کسی نئے تجربہ کیلئے
اپنے ذہن سے مناسب آلات ترتیب نہیں دے سکتا۔
ہندوستان میں بھی اس کتاب کو عام مقبولیت حاصل
ہے، چنانچہ وہ ہمیشہ بی۔اے اور بی۔ یس سی کی جماعتوں
کے عملی نصاب میں داخل ہوتی ہے۔ **آواز** پر اس میں

کافی تجربے درج ہیں۔ میلڈے کا تجربہ البتہ اس میں شریک
نہیں ہے۔ مترجم نے عثمانیہ یونیورسٹی کے بی۔ اے کے لئے
ڈنکن و سٹارلنگ کی کتاب آواز کا جو ترجمہ کیا ہے اس میں
یہہ مضمون اپنی طرف سے بڑہا دیا ہے۔ طبیعی مناظر کے
تجربے بہی اس کتاب سے خارج ہیں۔ اس لئے اسی نصاب
کی کتاب نور میں مترجم اپنی طرف سے جو زائد مضمون بطور ضمیمہ
لکہہ رہا ہے اس میں منجملہ اور امور کے تداخل نور و طول موج
وغیرہ کے تجربے بہی شامل کئے جا رہے ہیں۔ لہذا مناسب
نہیں سمجہا گیا کہ ان کو اِس کتاب میں بہی درج کیا جائے فقط

فہرست مضامین

آواز

صفحہ

روشنی یا نور

بسم اللہ الرحمن الرحیم

طبیعیات عملی

برائے بی۔ اے

آواز

پھلا باب

تمہیدی نظریہ

فصل (۱) رفتار تعدّد اور طول موج

آواز پر جو عملی مشقیں دیجاتی ہین اکثر یاتو مختلف واسطون مین آواز کی تعیین سے متعلق ہوتی ہیں یا امتداد اور اُس سے منسوب اُمور، تعدّد ارتعاش اور طول موج سے کیسی مادّی واسطہ میں بھی آواز کی اشاعت ایک موجی حرکت کی شکل میں ہوتی ہے۔ مبداء آواز سے واسطہ میں ایک طرح کا خلل پیدا ہوتا ہے جو واسطہ میں منتقل ہوتا ہوا سننے والے کے کان تک پہنچ کر آواز کے اِحساس کا باعث ہوتا ہے۔

آواز کی رفتار، جس واسطہ میں سے آواز گذرتی ہے اُس کی

نوعیت کے لحاظ سے بدلتی ہے۔ اگر رفتار کو (س) قرار دیا جائے، واسطہ کی لچک کا معیار (م) اور اس کی کثافت (ث) تو $س = \sqrt{\frac{م}{ث}}$

اس ضابطہ میں، موجی حرکت سے واسطہ میں جس قسم کا فساد وقوع میں آئیگا اس کی مناسبت سے (م) یعنی لچک کا معیار قائم کیا جائیگا۔

گیس میں آواز کی رفتار پر تپش کا اثر

آواز کی موجیں جب کسی گیس میں سے گزرتی ہیں تو لچک کا معیار (ہ د) لیا جاتا ہے
یہاں (ہ) سے مراد وہ مستقل نسبت ہے جو گیس کی مستقل دباؤ کی حالت کی حرارت نوعی کو اُس کی مستقل حجم کی حالت کی حرارت نوعی سے ہوتی ہے اور (د) سے مراد گیس کا دباؤ ہے۔ پس جب آواز کی رفتار (س) کسی گیس میں ناپی جاتی ہے تو

$$س = \sqrt{\frac{ہ\,د}{ث}}$$

ث سے مراد گیس کی کثافت ہے۔

حرارت کے حصہ میں بتایا گیا ہے کہ $\frac{د}{ث} = س\,ت$ جہاں (س) گیس کا مستقل اور ت اُس کی مطلق تپش ہے۔ اس لئے $س = \sqrt{ہ\,س\,ت}$ جس سے ظاہر ہے کہ س کو گیس کی مطلق تپش کے جذر المربع سے راست نسبت ہے۔

اگر گیس کے پھیلاو کی قدر کو (ذ) لکھا جائے (جس کی قیمت $\frac{1}{273}$ ہے) تو $\frac{ت}{ت_۰} = ۱ + ذ\,ت$

جس میں ت سے مراد تپش مئی درجوں میں ہے۔

$$\therefore \frac{\text{آواز کی رفتار گیس میں ت° مئی پر}}{\text{آواز کی رفتار گیس میں صفر درجہ مئی پر}} = \sqrt{\frac{ت}{ت_۰}} = \sqrt{۱ + ذ\,ت}$$

$$\text{یا}\quad س_ت = س_۰ \sqrt{۱ + ذ\,ت}$$

جب ت کی مقدار بڑی نہیں ہوتی ہے تو اس مساوات کو اس تقریبی شکل میں لکھہ سکتے ہیں :

$$ک_ت = ک_. (۱ + \frac{۱}{۲} ی ت)$$

جس سے کسی معمولی تپش پر بھی آواز کی رفتار کا شمار ہو سکتا ہے، اگر صفر درجہ مئی پر رفتار کی قیمت معلوم ہو۔

امتداد اور تعدّد ارتعاش

کسی سُر کا موسیقی امتداد اُس سُر کو پیدا کرنے والے جسم کے تعدّد ارتعاش (یعنی تعداد ارتعاش فی ثانیہ) کے تابع ہے۔ جو سُر پیانو کا وسطی 'سا' کہلاتا ہے اس کا تعدد ارتعاش ۲۵۶ مانا جاتا ہے۔ اس امتداد کے لئے یہہ تعدد محض علمی ضروریات کیوجہہ سے مقرر ہوا ہے۔ کانسرٹ میں اس امتداد کا تعدّد ۲۵۶ سے زیادہ ہے۔ امتداد کے بعض دوسرے سٹینڈرڈ (معیار) اس علمی سٹینڈرڈ سے اونچے ہوتے ہیں اور بعض نیچے۔

وسطی 'سا' کے سر کا تعدّد علمی کاموں میں ۲۵۶ مقرر کرنے سے اصل غرض یہہ ہے کہ کسی سرگم میں بھی 'سا' کا تعدد ایک صحیح عدد ہو۔ واضح ہو کہ

$$۲۵۶ = ۲^۸$$

دو سُروں کا موسیقی بُعد اُن کے ارتعاشوں کے تعدّدوں کی نسبت کے تابع ہوتا ہے۔ ذیل میں مختلف ابعاد کے ارتعاشوں کی نسبتیں مندرج ہیں

اوکٹیو	(سرگم)	۱:۲	مائنر تھرڈ	(سوم صغیر)	۵:۶
ففتھ	(پنجم)	۲:۳	میجر ٹون	(کبیر سرتی)	۸:۹
فورتھ	(چہارم)	۳:۴	مائنر ٹون	(صغیر سرتی)	۹:۱۰
میجر تھرڈ	(سوم کبیر)	۴:۵	سیمی ٹون	(نیم سرتی)	۱۵:۱۶

نوٹ منجانب مترجم۔ طریق کتابت، اضافی تعددوں وغیرہ کے متعلق ڈنکن اور سٹارلنگ کی کتاب کے ترجمہ میں شرح و بسط کے

ساتھہ لکھا گیا ہے۔ طالب علم اگر اس کتاب کا چھٹا باب مکرر دیکھہ لے تو
بہت مناسب ہو گا۔

رفتار آواز، تعدد ارتعاش اور طول موج مین تعلق

فرض کرو کسی واسطہ مین آواز کی رفتار س سم فی ثانیہ ہے۔ ا اور
ب دو نقطے ہو جن کے درمیان فاصلہ س سم ہے (دیکھو شکل ۱)

ب — س سم — ا

لہ

شکل (۱)
رفتار اور تعدد

شکل (۲)
طول موج

(ا) پر فرض کرو ایک شخص مشاہدہ کر رہا ہے اور ب پر ایک
مبداء آواز واقع ہے جس کے سُر کا تعدد (ع) ہے۔ ب سے
نکل کر ا تک پہنچنے کے لئے پہلی موج کو ایک ثانیہ کی مدت
چاہیئے اس لئے کہ فاصلہ ا ب کا طول س لیا گیا ہے۔ پس
ا کے پاس جب پہلی موج پہنچتی ہے تو ب سے (ع) ویں موج
نکل رہی ہوتی ہے۔ لہذا ا اور ب کے بیچ میں ع موجین ہون گی
جو ا کی طرف آرہی ہون گی۔ اگر ہر ایک موج کا طول (لہ) ہو
شکل (۲)۔ تو ا ب کا طول ع لہ کے مساوی ہو گا جس سے مندرجہ
ذیل تعلق ماخوذ ہوتا ہے۔

س = ع لہ

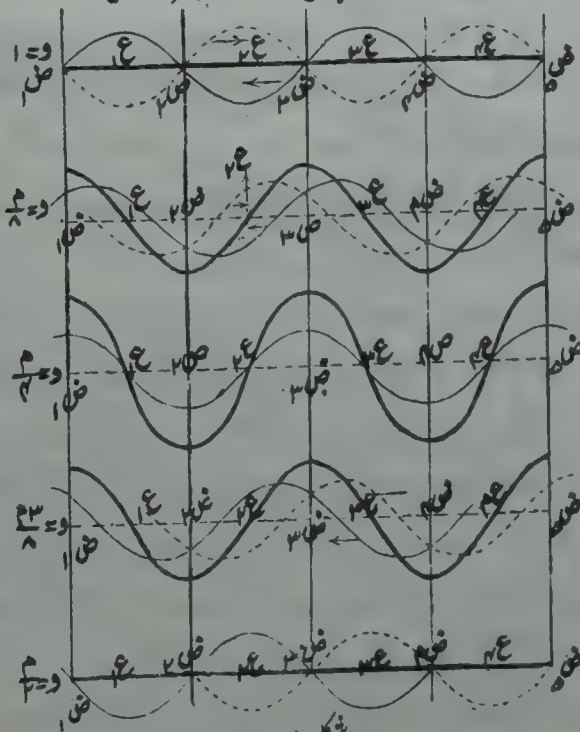
فصل (۲) گمک

گمک کا اصول

جب ایک ہی تعدّد کے دو جسم ایک دوسرے کے قریب ہوتے ہیں اور ان میں سے ایک مرتعش کیا جاتا ہے تو دوسرا جسم بھی اُس کی وجہ سے ارتعاش کرنے لگتا ہے۔ حیطہ ارتعاش ایسی صورتوں میں کافی بڑا ہو سکتا ہے۔ حتّیٰ کہ پہلا جسم ساکن ہو جانے پر بھی دوسرے جسم کا ارتعاش دیر تک جاری رہنا ممکن ہے۔ یہ اصول نہ صرف آواز ہی پر صادق آتا ہے بلکہ تمام قسم کی ارتعاشی حرکتوں پر حاوی ہے۔ اس کے سمجھنے کے لیئے فرض کرو دو ایک ہی سُر کے دو شاخے قریب ہیں واقع ہیں اور ان میں سے ایک مرتعش کیا جاتا ہے۔ دوسرے دوشاخے کے پاس، ہوا کی موجی حرکت کی وجہ سے، باقاعدہ تخلخل مساوی وقفوں سے پہنچیں گے۔ جب تکثیف کی حالت پہنچے گی تو اس دوشاخہ کا قریب کا سرا پہلے دوشاخے سے ذرا سا دور ہٹا دیا جائیگا اور جب تلطیف کی حالت پہنچے گی تو یہ سرا اُسیقدر نزدیک کھنچا جائیگا۔ چونکہ دونوں کے تعدّد ایک ہیں دوسرے دوشاخہ کا سرا ہوا کی تکثیف زائل ہوتے ہی طبعی طور پر حالت سکون میں واپس ہونے لگے گا اور اسیوقت اُس کے پاس کی ہوا میں پہلے دوشاخہ کے ارتعاش کی وجہ سے تلطیف کی حالت شروع ہو جائیگی اس لیئے اس دوسرے دوشاخے کی حرکت واپسی تیز تر ہو جائیگی۔ خود اپنے معیار حرکت کی وجہ سے شاخ وضع سکون میں آکر ٹھہری نہیں بلکہ دوسرے جانب بڑھ جاتی ہے۔ ہوا کی تلطیف عین اس موقع پر پیدا ہونے سے شاخ اِس طرف اور آگے بڑھ جاتی ہے۔ ایسی طرح جب وہ دوسری سمت میں حرکت کرنے لگتی ہے ٹھیک اسیوقت ہوا میں (پہلے دوشاخے کے ارتعاش سے) تکثیف

پیدا ہو کر اُس کی حرکت میں اضافہ ہوتا ہے۔ بالفاظ دیگر اس دو شاخہ میں نہ صرف اُس کی ذاتی لچک کی وجہہ سے ارتعاش شروع ہوتا ہے بلکہ اُس کے قریب کی ہوا کی باقاعدہ حرکت سے اُسپر علی التّواتر موافق حالتون میں مناسب قوّتین اثر کرنے لگتی ہیں۔ اِن قوّتون کا اثر گو مفرداً نا قابل لحاظ ہوتا ہے اجتماعی حیثیت سے اس کا نتیجہ یہ ہوتا ہے کہ یہ دو شاخہ وسیع حیطہ پر حرکت کرنے لگتا ہے۔ ایسے ارتعاشون کا نام گمک ہے۔ گمک کی دوسری صورتوں کی توضیح بھی اِس کے مشابہ ہو سکتی ہے۔

مقیم ارتعاش

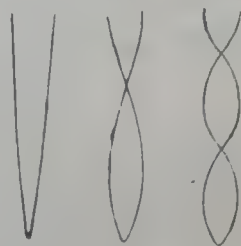
جب مساوی مدّت کے موجوں کے ۲ سلسلے ایک واسطہ میں مخالف

شکل (۳)
مقیم ارتعاشس

جانب گزرتے ہیں تو واسطہ میں مقیم ارتعاش پیدا ہوتا ہے۔

شکل (۳) میں فرض کرو باریک موجی خط سے مراد بائیں طرف کو جانیوالی ایک موج ہے اور نقطہ دار خط سے مراد سیدھے جانب جانیوالی ایک دوسری موج۔ ان دونوں کے عمل سے واسطہ کی جو حاصل حرکت ہوگی موٹے خط کے ذریعہ بتائی گئی ہے یسا وی وقفوں سے حرکت کی پانچ صورتیں بتائی گئی ہیں۔ شکل کے ملاحظہ سے معلوم ہوگا کہ بعض نقطے (ع۱، ع۲، ع۳ وغیرہ) کبھی حرکت نہیں کرتے ہیں اور بعض دوسرے ض۱، ض۲، ض۳ وغیرہ خط کے اور نقطوں کی بہ نسبت بہت زیادہ حرکت کرتے ہیں۔ ع۱، ع۲ وغیرہ کو عقدہ کہتے ہیں اور ض۱، ض۲ وغیرہ کو ضدّ عقدہ۔

متعدد قریب ترین عقدوں یا ان کے ضدّوں کا درمیانی فاصلہ نصف طول موج کے برابر ہے۔ یا ایک عقدے اور اس کے متصل کے ضدّ عقدے کے درمیان $\frac{1}{4}$ طول موج فاصلہ ہے۔ ذیل میں جو تجربے بیان کئے جاتے ہیں ان میں اس نتیجہ سے مدد لیجائیگی۔

گمک کی نلی

اگر کسی نلی کے طول میں مناسب طریقہ پر حسب منشاء تبدیلی کیجا سکتی ہے تو اس کے اندر کا ہوائی اسطوانہ ضروری ترتیب کے بعد مختلف سُروں کے ساتھ گمک دے سکتا ہے۔ اگر نلی کا ایک سرا بند ہو تو اس کے اندر کی ہوا کے لیئے ہر ایسا ارتعاش ممکن ہے جس میں نلی کے کھلے سرے کے پاس بے روک حرکت اور بند سرے کے پاس صفر حرکت

شکل (۴)
گمک کی نلی میں ہوا کے ارتعاش کی وضعیں۔

ہوتی ہے یعنی کھلا سرا ضد عقدہ اور بند سرا عقدہ ہو۔ شکل (۴) میں اِس ارتعاش کی چند وضعیں بتائی گئی ہیں۔ ان کے دیکھنے سے معلوم ہوگا کہ نلی کا طول بالترتیب $\frac{\text{لہ}_1}{4}$، $\frac{3\,\text{لہ}_2}{4}$، $\frac{5\,\text{لہ}_3}{4}$ وغیرہ کے برابر ہے۔ جس میں لہ_1 لہ_2 لہ_3 وغیرہ اُسطوانے کے ممکن ارتعاشوں کے طول موج ہیں۔

نلی کے کھلے سرے کے پاس ایک دو شاخہ کو ارتعاش میں لانے سے نلی کی ہوا میں مقیم ارتعاش پیدا ہوتا ہے اِس لئے اُس میں دو شاخہ کے ارتعاش کی وجہ سے کھلے سرے سے شروع ہوکر بند سرے تک موسیقی موجین گزرتی ہیں اور یہاں سے منعکس ہوکر واپس لوٹ جاتی ہیں۔

پس ایک معین سُر کے دو شاخہ کو اگر نلی کے کھلے سرے پر مرتعش کرکے نلی کے ہوائی اسطوانے کے طول کو حسب ضرورت گھٹا بڑھا کر گمک پیدا کیجائے تو اسطوانے کا سب سے چھوٹا طول (ل_1) جو گمک دیگا $\frac{\text{لہ}}{4}$ کے مساوی ہوگا جس میں لہ سے مراد دو شاخہ کے سُر کا طول موج ہے جو ہوا میں ناپا جاتا ہے۔ اِس سے بڑے ہوائی اسطوانے کے طول کو جو دو شاخہ کے ساتھ گمک دیگا اگر ل_2 لکھا جائے تو $\text{ل}_2 = \frac{3\,\text{لہ}}{4}$ اسیطرح $\text{ل}_3 = \frac{5\,\text{لہ}}{4}$ وغیرہ۔ پس واضح ہے کہ اِس طریق عمل سے ہوا میں دو شاخہ کے سُر کے طول موج کی تعیین ہو سکتی ہے۔

نلی کے قطر کی وجہ سے ایک خفیف تصحیح کی ضرورت ہوتی ہے طول (ل_1) ٹھیک $\frac{\text{لہ}}{4}$ کے مساوی نہیں ہوتا ہے۔ اور نہ ل_2 ٹھیک $\frac{3\,\text{لہ}}{4}$ کے مساوی۔ اسطوانی نلی کے لئے یہ تصحیح نصف قطر (ط) کے تقریباً $\frac{3}{5}$ ہوتی ہے

یعنی مصحح طول $\text{ل}'_1 = \text{ل}_1 + \frac{3\,\text{ط}}{5} = \frac{\text{لہ}}{4}$

اور $\text{ل}'_2 = \text{ل}_2 + \frac{3\,\text{ط}}{5} = \frac{3\,\text{لہ}}{4}$

پس شمار میں یہہ مصحح طول استعمال ہو سکتے ہیں -
اگر $ل_۱$ اور $ل_۲$ دونوں دریافت ہو جائیں تو تصحیح کے معلوم کرنے کی ضرورت نہیں اس لئے کہ $ل_۲$ اور $ل_۱$ کا تفاوت نکالنے سے تصحیح ساقط ہو جاتی ہے -
اس طریقہ سے اگر معلوم تعدّد کے دو شاخہ کے سُر کا طولِ موج (لہ) دریافت کر لیا جائے تو نلی کی ہوا میں آواز کی رفتار کا شمار ہو سکتا ہے - کیونکہ

$$س = ع \, لہ$$

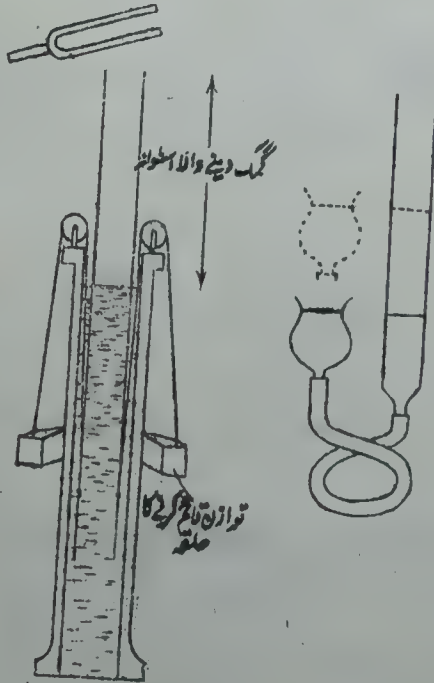
(ع) معلوم ہے اور (لہ) کی قیمت دریافت کر لی گئی ہے پس س کی قیمت بھی ماخوذ ہو جاتی ہے - اگر پہلے سے س کی قیمت معلوم ہو تو اس تجربہ سے (ع) کو شمار کر لے سکتے ہیں -
یہی تجربہ اگر دو دو شاخون سے کیا جائے تو اُن کے تعدّدوں کی نسبت کی تعیین ہو سکتی ہے - اگر ایک دو شاخے کا تعدّد $ع_۱$ اور اُس کے سُر کا طولِ موج ہوا میں $لہ_۱$ فرض کیا جائے اور دوسرے کا تعدّد $ع_۲$ اور طولِ موج $لہ_۲$ تو

$$س = ع_۱ \, لہ_۱$$

$$س = ع_۲ \, لہ_۲$$

$$\therefore \frac{ع_۱}{ع_۲} = \frac{لہ_۲}{لہ_۱}$$

تجربہ (۱) - گمک کی نلی - شکل (۵) کی دو قسم کی نلیون میں سے کسی ایک کو اس کام کے لئے استعمال کر سکتے ہیں

پہلی قسم میں پیتل کی ایک نلی، جس کا بوجھ حلقہ کی شکل کے ایک وزن سے سنبھالا جاتا ہے، پانی سے بھری ہوئی اونچی اسطوانی نلی کے اندر سے اوپر کو نکل آتی ہے۔

شکل (۵)
گمک کی نلیاں

حلقہ کے وزن کی وجہ سے اندر والی نلی کو آسانی سے اوپر یا نیچے ہٹا سکتے ہیں۔ محور کے متوازی اس پر ایک پیمانہ (جس کا صفر نلی کے اوپر کے سرے پر ہوتا ہے) سنتی میٹروں میں کندہ ہوتا ہے۔ باہر والی نلی کے ایک جانب شیشہ کا دریچہ ہوتا ہے جس سے نلی کے اندر کی پانی کی سطح کا مقام پیمانہ پر پڑھ لیا جا سکتا ہے۔ اس طرح

گمک دینے والے ہوائی اسطوانے کا طول آسانی سے معلوم کر لیا جاتا ہے۔

دوسری قسم کی نلی کے لئے توضیح کی ضرورت نہیں کنول کی شکل کے برتن کو (جو حوض کا کام دیتا ہے) حسب ضرورت اوپر اٹھا کر یا نیچے اوتار کر نلی کے اندر پانی کی سطح کو ٹھیک کر سکتے ہیں۔ اور نلی کے ہوائی اسطوانے کا طول ایک معمولی میٹری پیمانے سے ناپ لیا جا سکتا ہے۔

گمک کی نلی کے طول کو ترتیب دو تاکہ مختلف دوشاخوں کے ساتھ یکی بعد دیگرے گمک دے اگر ممکن ہو تو ہر ایک دوشاخہ کے لئے ہوائی اسطوانے کے گمک کے پہلے اور دوسرے طول دونوں معلوم کر لو۔

(آ) اِن میں سے کسی ایک دوشاخہ کے معلوم تعدّد کی مدد سے نلی کی ہوا میں آواز کی رفتار شمار کرو۔ کمرے کی تپش دیکھ لو۔ اِس تپش پر جو رفتار (ساتا) شمار ہو گی اُس سے صفحہ (۳) کے ضابطہ ساتا = سا۔(۱ + ½ ء ت) کے ذریعہ صفر درجہ مئی تپش پر کی رفتار نکالو۔

(ب) یا اگر آواز کی رفتار ہوا میں صفر درجہ مئی تپش پر معلوم ہو تو کمرے کی تپش پر رفتار کیا ہو گی حساب کر کے دریافت کرو اور پھر اُس کے ذریعہ دئے ہوئے دوشاخہ کا تعدّد ارتعاش ماخوذ کرو۔

(ج) نلی کے ذریعہ دو دوشاخوں کے طولِ موج دریافت کر کے اُن کی نسبت سے دوشاخوں کے تعدّدون کی نسبت معلوم کرو اور خود اُن دوشاخوں پر کندہ کئے ہوئے تعدّدون کی نسبت سے اِس کا مقابلہ کرو اور دیکھو دونوں کس حد تک موافق ہیں۔

دوسرا باب

تعدد ارتعاش

فصل (۱) تعدد کی تعیین کے طریقے

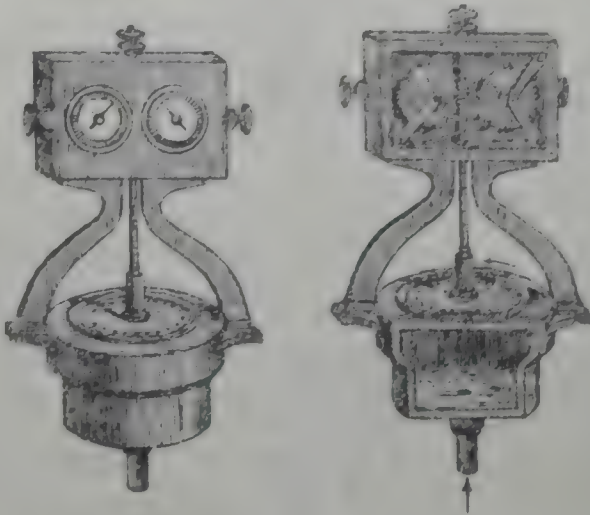
گائن

گائن ایک موسیقی آلہ ہے جس کی مختلف شکلیں ہوتی ہیں۔ علمی اغراض کے لئے اُس کی سب سے زیادہ موزون شکل کاگنیارڈ ڈی لاطور کی ایجاد ہے۔ ہوا کے ایک صندوقچہ کی اوپر کی سطح میں مساوی فاصلون پر سوراخونکی ایک دائری قطار بنائی جاتی ہے۔ جیساکہ شکل (۶) میں تراش کے ذریعہ بتایا گیا ہے سوراخ سطح پر عمودی نہیں بلکہ ترچھے واقع ہیں۔ اس صندوقچہ پر اُس کی اوپر کی سطح سے بالکل متصل ایک دوسری مدوّر تختی ہے جس میں صندوقچہ کی سطح کے متماثل سوراخ بنائے گئے ہیں۔ لیکن ان سوراخون کا میلان سطح کی مخالف سمت میں ہے۔ یہہ تختی صندوقچہ پر اس طرح گھومتی ہے کہ اُس کے سوراخ صندوقچہ کی سطح کے سوراخون پر سے ٹھیک گزرتے ہیں جب صندوقچہ کے اندر دباو کے ساتھ ہوا بھری جاتی ہے تو ہوا اُس کے سوراخون میں سے نکلکر اوپر کی تختی کے سوراخوں سے ٹکراتی ہے جس سے تختی اپنے محور پر گھومنے لگتی ہے۔

پس صندوقچہ کے سوراخ ترتیب وار بند ہوتے ہیں اور کھلتے ہیں۔ جب کبھی تختی کے سوراخ صندوقچہ کے سوراخون پر واقع ہوتے ہیں تو اِن میں سے ہوا کے جھونکے باہر نکل آتے ہیں۔ چونکہ اِس عمل سے ہوا میں مساوی وقفون سے تکثیف کی موجین پیدا ہوتی ہیں اِس لئے آواز محسوس ہونے لگتی ہے۔

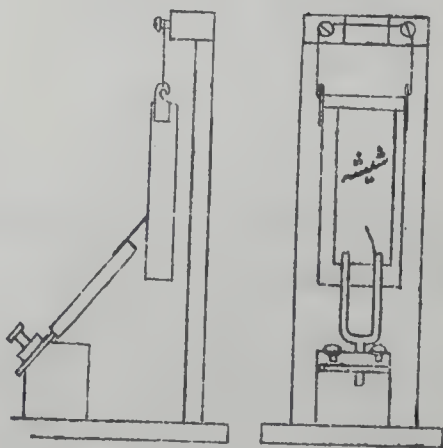
ڈہرّی کے سرے پر پیچ چکر اور دندانہ دار چرخون کے ذریعہ ڈائیلون پر تختی کے چکرون کی تعداد بتائی جاتی ہے۔ جس عرضِ مدّت میں مقررہ چکر وقوع میں آئیں اُس کو معلوم کر لینے سے تختی کے گھومنے کی شرح کی تعیین ہو سکتی ہے۔

فرض کرو تختی اور صندوقچہ کے اوپر کے سرے میں ($ع_۱$) سوراخ بنے ہیں اور تختی کے (د) ثانیون میں ($ع_۲$) چکر ہوسے تو اِس عرضِ مدت (د ثانیون میں) کل $ع_۱ ع_۲$

شکل (٦) گائن

جھونکے پیدا ہوسے۔ پس تعدد ع۱ ~ ع۲ ہوگا۔
گائن کی رفتار کو ترتیب دیگر اُس کے سُر کو کسی دئے ہوسے مرتعش جسم کے سُر کے ساتھ ملانے سے اُس مرتعش جسم کا تعدد ارتعاش دریافت ہوسکتا ہے کیونکہ وہ گائن کے تعدد یعنی ع۱ ~ ع۲ کے برابر ہے۔

تجربہ (۳) گائن کے ذریعہ امتداد کی تعیین۔ (صفحہ ۳۶ پر جو ہدایات دئے گئے ہیں اُن کے بموجب عمل کرکے) گائن کو کسی مرتعش دوشاخے یا بولتی ارگن نلی کے ساتھ ہم سُر کرو۔ دھونکنی پر کے دباو اور اُس کی نلی کے سوراخ کو ٹھیک کر کے تختی کی گردش کی شرح مستقل رکھو اور اس سے گائن کا تعدد ارتعاش ع۱ ~ ع۲ دریافت کرو یہی اُس دوشاخے یا آرگن نلی کے سُر کا تعدد ہوگا۔
مندرجہ ذیل تجربون میں تعدد کی تعیین کے لئے دوسرے طریقے اختیار ہوتے ہیں۔

تجربہ (۴) گرتی ہوی تختی کے ذریعہ سُر پیدا کرنے کے دوشاخہ کے امتداد کی تعیین۔ ایک ہلکا قلم یا موٹا بال دوشاخہ کی ایک شاخ پر کس کر باندھ دو تاکہ دھندلے شیشے کی ایک تختی کو ایک وزندار ٹیکن کے سہارے سے لٹکا سکیں (شکل ۷)۔ ٹیکن کے سرے میں دو الپن نصب کرکے شیشہ دھاگے کے ذریعہ ان پر سے لٹکایا جا سکتا ہے۔ دوشاخہ کو ٹیکن پر ایسی جگہ باندھ دو کہ اُس کی شاخ پر جو قلم یا بال لگایا جاتا ہے شیشہ کے نیچے والے سرے کو خفیف سا چھوئے۔ دوشاخہ کو سارنگ کی کمان سے مرتعش کرو اور الپنوں کے بیچ میں سے دھاگا جلا کر شیشہ کو گرادو۔

اِس کے بعد جب شیشہ کو دیکھو گے تو اُس کی دھیلی سطح پر ایک موجی لکیر نظر آئیگی جو شیشہ گرتے

شکل (۷)
گرتی ہوی تختی کا آکہ

وقت دہوئیں پر قلم کی حرکت سے پیدا ہوی۔ اِس لکیر سے حسب طریقہ مصرحۂ ذیل دوشاخہ کا تعدّد دریافت ہو سکتا ہے۔
(ا) اگر لکیر کا ابتدائی حصہ بالکل واضح ہے تو پہلی موج سے آخری موج تک کا فاصلہ (ف) ناپ لو۔ اور ان موجوں کی تعداد بھی گن لو۔ فرض کرو تعداد (ع) ہے۔ چونکہ شیشہ اپنے وزن کی وجہہ سے گرا (د) ثانیوں میں فاصلہ (ف) طے ہوا جو $\frac{1}{2}$ ج د^2 کے مساوی ہے اِس لئے کہ شیشہ سکون کی حالت سے گرنا شروع کیا اور ابتداءً اُس کی رفتا صفر تھی۔ پس

$$و = \sqrt{\frac{۲ ب}{ج}}$$

اس مدت میں دو شاخے کے (ع) ارتعاش وقوع میں آئے۔ لہذا اس کا تعدد ارتعاش $\frac{ع}{و}$ ہے۔

(۲) اگر لکیر کا ابتدائی حصہ کافی واضح نہو تو جہاں سے واضح حصہ شروع ہوتا ہے وہاں سے اوج یا حضیض پر نشان لگا کر (ن) موجیں گن لو اور (ن) ویں موج کے اوج یا حضیض پر نشان کر کے اس کے بعد کی اور (ن) موجیں گنو۔ اور ان میں کا آخری اوج یا حضیض جہاں ختم ہوا اسپر پہلے کی طرح نشان کر لو۔ پھر ان (ن) موجوں کے فاصلے علیحدہ علیحدہ ناپو۔ فرض کرو پہلا فاصلہ $ف_۱$ ہے اور دوسرا $ف_۲$۔

پہلا اوج یا حضیض جس پر نشان کیا گیا ہے شیشہ پر قلم سے کھینچے جاتے وقت اگر شیشے کی رفتار (ر) تھی اور (ن) موجیں (و) ثانیوں میں بنی ہیں، تو

$$ف_۱ = ر و + \frac{۱}{۲} ج و^۲$$

دوسرا اوج یا حضیض جس پر نشان کیا گیا ہے جب شیشہ پر کھینچا جا رہا تھا، فرض کرو شیشہ کی رفتار $(ر_۱)$ تھی

شکل (۸)
سُر پیدا کرنے کے دوشاخہ کی لکیر

$$ر_1 = ر_0 + ج\,و$$

$$\text{پس}\quad ف_2 = ر_1\,و + \tfrac{1}{2}\,ج\,و^2$$

$$= ر_0\,و + ج\,و^2 + \tfrac{1}{2}\,ج\,و^2$$

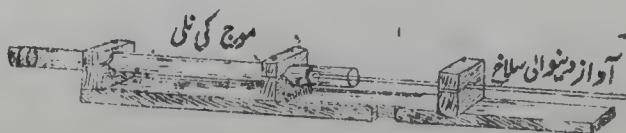
اسلئے کہ $ف_2$ فاصلہ بھی اسی مدت میں طے ہوا ہے جس میں $ف_1$ طے ہوا۔

$$\text{پس}\quad ف_2 - ف_1 = ج\,و^2$$

$$\text{یا}\quad و = \sqrt{\frac{ف_2 - ف_1}{ج}}$$

چونکہ اس مدت (و ثانیوں) میں (ن) ارتعاش وقوع میں آئے
لہذا دوشاخہ کا تعدد ارتعاش = $\frac{ن}{و}$

تجربہ (۴) کُنٹ کی غباری نلی۔ ایک نلی شیشہ کی کوئی ایک میٹر لمبی اور ۵ سم اندرونی قطر کی بنسن کی مشعل پر بخوبی خشک کرلیجائے۔ نلی کا ایک سرا کاگ سے بند کرکے اس کے اندر خشک کاگ یا لائکوپوڈیم کا سفوف چھڑک دیا جائے۔ نلی ایک افقی محور پر گھمائی جائے حتی کہ سفوف (یا غبار) نلی کی دیواروں پر سے ٹھیک پھیلنے کے قریب پہنچے۔ ایک سلاخ کے سرے پر کاگ یا آبنوس کی ایک ہلکی تختی باندھ کر یہ سرا نلی کے اندر داخل کیا جائے۔ تختی نلی کی تراش سے کسیقدر چھوٹی ہونی چاہیئے تاکہ سلاخ کا سرا تختی سمیت نلی کے اندر آزادی سے ارتعاش کرسکے۔

موج کی نلی
آواز دینے والی سلاخ

شکل (۹)
کُنٹ کی نلی

سلاخ کو ٹھیک اُس کے وسطی مقام پر کس کر باندھ دیا جائے اور رال لگے ہوئے ایک چمڑے یا کپڑے سے اُس کو اُس کے طول کی سمت میں تھپکا جائے۔ اِس سے سلاخ طولی ارتعاش کرنے لگے گی۔ اور اُس کی وجہ سے نلی کے اندر کی ہوا میں ارتعاش پیدا ہوگا۔ سلاخ کے سِرے سے نلی کے بند سِرے تک ہوا میں موجیں جائیگی اور وہاں کاگ سے منعکس ہوکر واپس آئیگی۔

نلی کو تھوڑا تھوڑا سلاخ کی طرف بڑھاؤ تاکہ ہوائی اسطوانے کے طول میں ذرا ذرا تغیر واقع ہو۔ ہر نئے طول کے لئے سلاخ کو ازسرنو تھپکتے جاؤ بالآخر ایک ایسی وضع مل جائیگی جس میں نلی کا ہوائی یا گیسی اسطوانہ سلاخ کے سُر کے ساتھ گمک دینے لگیگا۔ ایسی صورت میں نلی کے اندر کے سفوف کو بھی ہوا یا گیس کے ساتھ شدّت کا ارتعاش ہوگا۔ حرکت موقوف ہونے پر غبار رمینڈ کی شکلوں

شکل (۱۰)

کُنٹ کی نلی میں ضدِ عقدون کے پاس غبار کی وضع

میں عقدون کے ضد کے پاس جمع ہوتا ہے۔ [اگر عرصہ تک سلاخ اور ہوائی اسطوانے کو مرتعش کیا جائے تو غبار ضدِ عقدون سے اُڑ کر چھوٹے ڈھیروں کی شکل میں عقدون کے پاس جمع ہو جاتا ہے۔ یہ اُسی وقت ممکن ہے جبکہ

گمک دینے والے اسطوانے کا طول نہایت صحت کے ساتھ ٹھیک کیا جاتا ہے۔ اس کے لئے بہت وقت صرف ہوتا ہے اور مشقت بھی اُٹھانی پڑتی ہے]۔ جب ایسے کئی ضِدّ عقدہ نظر آنے لگیں تو ایک دوسرے سے کافی دور دو ضدّون کا درمیانی فاصلہ ناپ لیا جائے۔ چونکہ کسی دو متصل ضدّون کے بیچ میں نصف طولِ موج کا فاصلہ ہوتا ہے، جو فاصلہ دور کے دو ضدّون میں ناپا جائے اُس کو اُس کے درمیانی غبار کے ڈھیروں کی تعداد پر تقسیم کرنے سے نلی کی گیس میں آواز کا طول موج دریافت ہو جائیگا۔

اس کے بعد سلاخ کا امتداد صوت پیما کے ذریعہ سے معلوم کر لیا جائے۔ (صفحہ ۲۸ پر صوت پیما کے تجربے بیان ہوئے ہیں دیکھہ لئے جائیں) مقابلہ کیلئے ایک معلوم تعدّد ارتعاش کا سُر پیدا کرنے کا دو شاخہ استعمال کیا جائے۔

ضابطہ ذیل سے آواز کی رفتار نلی کی گیس میں دریافت ہو جائیگی۔

$$ر = ع لہ$$

اگر آواز کی رفتار گیس میں، پہلے ہی سے معلوم ہو تو اس مساوات سے، سلاخ کے سُر کے تعدّد کی تعیین ہو سکتی ہے۔

سلاخ کے لئے ینگ کے لچک کے معیار کا شمار۔

چونکہ ارتعاش کے وقت اس وضع میں، سلاخ کے وسط پر عقدہ ہوتا ہے اور اُس کے دونوں سِروں پر ایک ایک ضِدّ عقدہ، اس لئے اُس کا طول اُس کے مادّے میں سُر کے طولِ موج کا نصف ہے۔

سلاخ میں آواز کی رفتار $\sqrt{\frac{م}{ث}}$ ہے جہاں (ث) سے
مراد سلاخ کی کثافت اور (م) سے مراد طولی فساد کے لئے
لچک کا معیار یعنے ینگ کے لچک کا معیار ہے۔

اگر ئ = آواز کی رفتار سلاخ میں

اور لہ = طولِ موج سلاخ میں

تو ئ = ع لہ

جس میں (ع) معلوم ہے اور (لہ) سلاخ کے طول کا دوچند
ہے۔ چونکہ یہ طول ناپ لیا جا سکتا ہے اس لئے رفتار
ئ شمار ہو سکتی ہے۔

سلاخ کی کثافت بھی چونکہ معلوم ہے۔ اور

$$ئ = \sqrt{\frac{م}{ث}}$$

پس سلاخ کے مادّے کے لئے ینگ کا لچک کا معیار
دریافت ہو جاتا ہے۔

فصل (۲) ضربیں

جب تقریباً مساوی امتدادوں کے دو خالص سُر ملکر بجتے ہیں
تو آواز کی حدّت میں دَوری تغیّر محسوس ہوتے ہیں۔ یعنے
مساوی وقفوں سے آواز میں بلندی اور پھر نسبتاً خاموشی
محسوس ہوتی ہے۔ اس کیفیت کو "ضرب" کہتے ہیں۔ تقریباً
ایک ہی تعدّد کے دو دو شاخے جب ملا کر مرتعش کئے جاتے
ہیں تو ضربیں صاف سنائی دیتی ہیں۔ فرض کرو ایک کا
تعدّد ع۱ ہے اور دوسرے کا ع۲۔ اور ع۲ سے ع۱
بڑا ہے تو فی ثانیہ جو ضربیں سنائی دینگی اُن کی تعداد (ن)

ان تعدّدون کے تفاوت کے مساوی ہوتی ہے ۔ یعنے
ن = ع ۱ ۔ ع ۲ ۔
اصول تداخل سے یہ نتیجہ ثابت کیا جا سکتا ہے ۔
دونوں موجون کی رفتار ایک ہے صرف موجون کے
طولوں میں خفیف سا فرق ہے ۔ جہاں دونوں موجوں
کی ہئیتیں موافق ہوتی ہیں وہاں ایک موج کو دوسری
سے تائید ہوتی ہے ۔ لیکن جہاں ہئیتیں مخالف ہیں وہان
ایک موج دوسری کو تلف کر دیتی ہے ۔ (دیکھو شکل ۱۱)
ایک ایسا وقت فرض کرو جبکہ سننے والے کے کان میں
دونوں موجین ایک ہی ہئیت میں پہنچی ہیں ۔ اس کے ایک
ثانیہ بعد زیادہ امتداد کے سُر کے ع ۱ کامل ارتعاش ہوتے

شکل (۱۱)

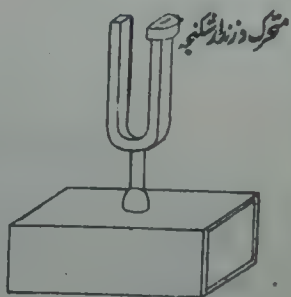
ضربوں میں حیطہ ارتعاش کا تغیّر

ہیں اور دوسرے کے ع ۲ ۔ یعنے اونچے امتداد کا
سُر نیچے امتداد کے سُر سے ع ۱ ۔ ع ۲ ارتعاش زائد
کرتا ہے ۔ اس ثانیہ میں ایک موج کا سلسلہ دوسری
موج کے سلسلے کے پیچھے ہوتا جاتا ہے ۔ اور ثانیہ بھر میں
کامل ع ۱ ۔ ع ۲ طولِ موج پیچھے ہو جاتا ہے ۔ پس اس
ثانیہ میں ع ۱ ۔ ع ۲ مرتبہ دونوں موجوں کے سلسلوں
کی ہئیتیں موافق واقع ہوئی ہونگی اور اتنے ہی مرتبہ

مخالف۔ جب ہیئتیں موافق تھیں آواز میں غیر معمولی حدت پیدا ہوی اور جب مخالف تھیں تب خاموشی کی حد تک پستی۔ بالفاظ دیگر فی ثانیہ ن = ع۱ ۔ ع۲ ضربیں پیدا ہوتی ہیں۔

جب دو سُر قریب قریب مساوی ہوتے ہیں ضربیں لمبے وقفون سے سنائی دیتی ہیں اس لئے اُن کی شناخت مشکل ہوتی ہے۔ اِس کے بر عکس، جب ضربوں کی تعداد فی ثانیہ چار سے بڑھ جاتی ہے تو اُن کا گنیا مشکل ہو جاتا ہے۔ جب ضربیں اسقدر جلد جلد پیدا ہوتی ہیں کہ فرداً فرداً محسوس نہیں ہو سکتین تو آواز میں 'ڈسکورڈ' یا 'ڈسونننس' یعنے ناہمواری پیدا ہوتی ہے۔

تجربہ (۵)۔ سُر کے دو شاخون سے ضربون کی پیدایش۔ تقریباً ایک ہی سُر کے د۱ و د۲ دو شاخون کو اُن کے 'بول بکسوں' یا گمگ کے صندوقچوں پر کھڑا کرو۔ انمیں سے ایک دو شاخہ کا تعدد' ایک متحرک وزن کے ذریعہ جو شاخ کے کسی مقام پر بھی شکنجہ سے کس کر باندھ دیا جا سکتا ہے، حسب منشاء تبدیل ہو سکتا ہے۔ دیکھو شکل (۱۲)

متحرک وزن اور شکنجہ

شکل (۱۲)
سُر کا دو شاخہ جسپر وزن چسپان کیا گیا ہے

سرے سے ایک معین فاصلہ پر وزن کو شاخ سے کس کر باندھ دو۔ اور دونوں دو شاخون کو مرتعش کر کے جو ضربیں پیدا ہوتی ہیں ایک مقررہ مدت میں انکی تعداد گن لو۔

ضربون کی تعداد فی ثانیہ دریافت کرنے کے لئے جتنی

ضربیں گننا ممکن ہو گنو اور وقت کا شمار چلر گنی گھڑی سے کرو۔

پھر وزن کو شاخ کے دوسرے مقاموں پر کس کر باندھ کر یہی عمل دوہراو۔ اور ترسیمی طریقہ سے منحنی کھینچکر، سرے سے وزن کے فاصلہ، اور ضربوں کی تعداد فی ثانیہ میں تعلق ظاہر کرو۔

تیسرا باب

تنے ہوئے تار کا عرضی ارتعاش

فصل (۱) عرضی موجوں کی اشاعت تنے ہوئے تار پر سے

تنے ہوئے تار پر سے عرضی موج کی رفتار کے لئے حسب ذیل ضابطہ مستنبط ہوتا ہے۔

$$ر = \sqrt{\frac{ت}{ک}}$$

جس میں (ت) سے مراد تار کو تاننے والی قوت ہے اور (ک) اس کی کمیت فی اکائی طول۔

اگر (ت) پونڈل میں ناپی جائے اور (ک) پونڈ فی فٹ ہو، تو رفتار فٹ فی ثانیہ میں شمار ہوگی۔ اور اگر (ت) ڈائنوں میں محسوب ہو اور (ک) گرام فی سنتی میتر ہو، تو رفتار سنتی میتر فی ثانیہ حاصل ہوگی۔

تجربہ (۶) تار پر سے موج کی رفتار کی تعیین۔

ایک کئی میتر لمبی ڈوری کا ایک سرا باندھ دو اور دوسرے سرے کو ایک چرخی پر سے پھیر کر اس سے ایک ترازو کا پلڑا لٹکا دو۔ پلڑے میں مختلف وزن کی باٹمیں رکھ کر ڈوری کو تانو۔ پھر اس کو اس کے ایک سرے کے قریب چھیڑ کر (یعنے یکایک ذرا سا جھٹکا دیکر) دیکھو جو خلل ڈوری پر حرکت کرتا ہے وہ ایک سرے سے دوسرے سرے تک ۱۰ یا ۱۵

مرتبہ جانے کے لئے کتنا وقت صرف ہوتا ہے۔ اس میں کیسطرح کی دقت محسوس نہوگی، اس لئے کہ 'خلل' ڈوری پر سے حرکت کرتا ہوا صاف نظر آئیگا۔ وقت 'چلر کنی گھڑی' کے ذریعہ شمار ہو سکتا ہے۔

اگر پلڑا اور اس میں جو وزن رکھا گیا ہے دونوں ملکر (و) گرام ہوں تو ڈوری کا تناؤ

$$(\text{ت}) = \text{و ج} \quad \text{ڈائیں}$$

ایسی ہی ایک ڈوری کے ایک معلوم طول کو تول کر اُس کے ایک سنتی میتر کی کمیّت دریافت کرو۔

خلل کی حرکت مشاہدہ کرنے سے موج کی جو رفتار شمار ہوگی $\sqrt{\frac{\text{ت}}{\text{ک}}}$ سم فی ثانیہ کے مساوی ہوگی۔

تجربہ (۷) ایک غیر معلوم کمیت کی تعیین موج کی رفتار کے مشاہدہ سے۔ اس سے پیشتر کے تجربہ میں جو ڈوری استعمال ہوئی تھی اُس کے ایک سرے سے دریافت طلب کمیّت کا وزن لٹکادو۔ اور پہلے کی طرح ڈوری پر سے 'خلل' کی رفتار معلوم کرو۔ اور ان مساواتوں سے وزن کی کمیّت شمار کرو۔

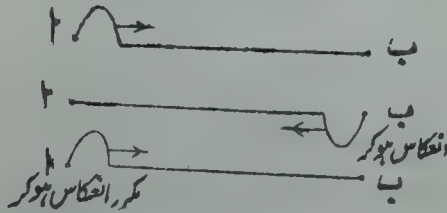
$$(\text{غیر معلوم})\ \text{کمیّت و} = \frac{\text{ت}}{\text{ج}}$$

$$\text{اور} \quad \text{ت} = \text{ر}^{2}\text{ک}$$

اس کے بعد ترازو میں اُس وزن کو تول کر موج کی رفتار کے تجربہ سے جو نتیجہ ماخوذ ہوا ہے اُس کی صحت کا مقابلہ کرو۔

فصل (۳)۔ تنے ہوئے تار کے مقیم ارتعاش

اگر ا اور ب دو نقطوں کے بیچ میں ایک تار تانا جائے (شکل ۱۳)، اور تار کے کسی مقام پر بھی 'خلل' پیدا کیا جائے تو 'خلل' تار پر سفر کرتا ہوا اُس کے ایک سِرے تک جائیگا۔ وہاں منعکس ہو کر دوسرے سِرے کیطرف جائیگا۔

ا　ب
ا　ب　انعکاس ہوکر
ا　ب　مکرر انعکاس ہوکر

شکل (۱۳)

'خلل' کا انعکاس تنے ہوئے تار کے سروں سے

انعکاس سے اُس کی شکل اُلٹ جائیگی۔ جب وہ تار کے دوسرے سِرے پر پہنچیگا وہاں پھر انعکاس ہو گا جس سے 'خلل' اپنی ابتدائی شکل میں واپس لوٹ آئیگا۔ یعنے خلل تار کا فاصلہ دو بار طے کرنے کے بعد تار کی حالت (بلحاظ حرکت وغیرہ) وہی ہوتی ہے جو خلل کے آغاز کے وقت تھی۔ بالفاظ دیگر جب 'خلل' تار پر سے ایک مرتبہ ایک سمت میں اور دوسرے مرتبہ مخالف سمت میں پورا طول طے کرتا ہے تو تار کے ارتعاش کا ایک پورا دَور بھی تکمیل کو پہنچتا ہے۔

چونکہ اشاعت موج کی رفتار $\sqrt{\frac{ت}{ک}}$ ہے اور ایک کامل دَور میں موج تار پر فاصلہ (۲ل) طے کرتی ہے،

جہاں (ل) سے مراد تار کا طول ہے، اس لئے ارتعاش کا وقتِ دوران

$$و = \frac{۲ل}{\sqrt{\frac{ت}{ک}}} \text{ ہے}$$

پس تعدّد ارتعاش، $ع = \frac{۱}{و} = \frac{۱}{۲ل}\sqrt{\frac{ت}{ک}}$

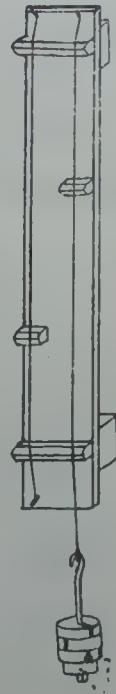
اس مساوات سے تنے ہوئے تار کا تعدّد ارتعاش شمار ہو سکتا ہے، اگر ل، ت اور ک کی قیمتیں معلوم ہوں۔

صوت پیما یا اکتارا

صوت پیما ایک آلہ ہوتا ہے جس میں ایک تختہ پر دو گھوڑیاں مضبوط بٹھا دی جاتی ہیں۔ ان پر سے ایک یا ایک سے زیادہ تار تانے جاتے ہیں۔
تاروں کے ایک ایک سرے پر حلقہ بنا کر ایک ایک کھونٹی میں پہنایا جاتا ہے جو تختہ پر ایک گھوڑی کے پاس نصب کی ہوئی ہوتی ہے۔ ایک تار کا دوسرا سرا دوسری گھوڑی کے پاس کی ایک کھونٹی پر لپیٹ کر تار کو عام طور پر ہمیشہ کے لئے قائم کر دیا جاتا ہے۔ کھونٹی کو کنجی سے پھیرنے سے تار کا تناؤ حسب ضرورت گھٹ بڑھ سکتا ہے جس سے تار کے سُر کا امتداد ٹھیک ہو جاتا ہے۔ دوسرے تار کا دوسرا سرا ایک پلڑے سے باندھ دیا جاتا ہے۔ یہ تار بھی دونوں گھوڑیوں پر تنا ہوا

ہوتا ہے اور اس کا تناؤ پلڑے کی باٹوں کے ذریعہ ترتیب دیا جاتا ہے۔ اگر تختہ افقی وضع میں لٹایا جائے تو تار کو ایک چرخی پر سے لیجانا پڑتا ہے تاکہ پلڑا سیدھا لٹکے۔ اِس سے تار کے تناؤ کا پلڑے کی باٹوں سے صحیح پتہ نہیں چل سکتا، کیونکہ چرخی سے رگڑ بہت ہوتی ہے۔ بدیں وجہ صوت پیما کو انتِصالی وضع ہی میں استعمال کرنا مناسب ہے۔

تاروں کے لئے ایک ایک غیر قائم گھوڑی بھی استعمال کیجاتی ہے۔ اِس کو تاروں کے نیچے سرکانے سے اِن کے مرتعش حصوں کا طول تبدیل ہوتا ہے جس سے اِن کے سُروں کا امتداد بدل دیا جا سکتا ہے۔

تجربہ ۸۔ تار کے طول کے ساتھ امتداد کی تبدیلی۔ صوت پیما کو انتِصالی وضع میں لٹکاؤ اور قائم تار کے تناد کو کنجی سے کھونٹی پھیر کر ترتیب دو تاکہ تار کو چھیڑنے سے ایک موسیقی سُر نکلے۔ معلوم تعدّد ارتعاش کے چند دو شاخے لو۔ اور متحرک گھوڑی کو حسب ضرورت ہٹا کر اِس تانے ہوے تار کے طول دریافت کرو، جو باری باری سے ایک ایک دو شاخے کے ساتھ

شکل (۱۴)
انتِصالی صوت پیما

ہم سُر ہوں گے۔ دوران تجربہ تار کے تناؤ میں تغیّر ہونے نہ دیا جائے۔ سُر ملانے کے متعلق صفحہ (۳۶) پر جو ہدایات دئے گئے ہیں دیکھ لئے جائیں۔

اگر ع ۱، ع ۲، ع ۳۔ وغیرہ تعدّد ارتعاش کے دو شاخوں کے ساتھ تار کے طول ل ۱، ل ۲، ل ۳ وغیرہ ہم سُر ہوں تو معلوم ہوگا کہ ع ۱ ل ۱ = ع ۲ ل ۲ = ع ۳ ل ۳ وغیرہ جس سے یہ نتیجہ حاصل ہوتا ہے کہ مستقل تناؤ کی صورت میں تار کے تعدّد ارتعاش کو اس کے طول کے ساتھ عکسی نسبت ہوتی ہے۔

اس نتیجہ کی مدد سے ایک غیر معلوم تعدّد ارتعاش والے دو شاخے کا امتداد دریافت کرو۔ یعنے تار سے ایک طول لیکر پہلے ایک معلوم تعدّد کے دو شاخے کے ساتھ ہم سُر کرو۔ پھر ایک دوسرا طول لیکر غیر معلوم تعدّد کے دو شاخے کے ساتھ ہم سُر کرو۔

$$\frac{ع_1}{ع_2} = \frac{ل_2}{ل_1}$$

اگر (ع) غیر معلوم تعدّد فرض کیا جائے تو $ع_1 = ع_2 \frac{ل_2}{ل_1}$

مساوات کے بائیں جانب کی مقداریں سب معلوم ہیں۔ پس ع ۱ کی قیمت دریافت ہو جاتی ہے۔

ایک مستقل طول کے تار کے تعدّد کو اس کے تناؤ وغیرہ کے ساتھ کیا مناسبت ہوتی ہے دریافت کرنا کسیقدر مشکل امر ہے۔ اس کے لئے معلوم امتداد کے متعدد دو شاخوں کی ضرورت ہوتی ہے۔ مندرجہ ذیل تجربوں میں یہ مناسبت راست طور پر دریافت

نہیں کیجائیگی بلکہ تار کے طول اور تناؤ دونوں کو تبدیل کر کے اوپر جو تجربہ بیان ہوا ہے اُس کے نتیجہ کے لحاظ سے حسابی عمل کیا جائیگا جس سے تار کے امتداد پر اُس کے طول کی تبدیلی کا اثر دریافت ہو جائیگا۔ پس محض تناؤ کی تبدیلی کا اثر اُس کے امتداد پر کیا ہوتا ہے معلوم ہو جاتا ہے۔

تجربہ (۹) تناؤ کی تبدیلی کے ساتھ امتداد کی تبدیلی کی تعیین۔ صوت پیما کے دوسرے تار کا تناؤ بدل بدل کر دیکھو اُس کے کون کون طول قائم تار کے ایک مقررہ طول کے ساتھ اُس کے مستقل تناؤ کی حالت میں ہم سُر ہوتے ہیں۔ فرض کرو یہ تناؤ بالترتیب ت ۱، ت ۲، ت ۳ وغیرہ ہیں اور طول ل ۱، ل ۲، ل ۳ وغیرہ۔

تار کے طول کو مستقل رکھ کر امتداد پر محض تناؤ کی تبدیلی کا اثر دریافت کرنے کے لئے تجربہ (۸) کے نتیجہ سے اِس طرح مدد لیجاتی ہے:۔

فرض کرو جب تار کا طول ل ۱ تھا اور تناؤ ت ۱ تو امتداد ع ۱ تھا۔ اُس تار سے جب طول ل ۲ لیا گیا تو امتداد ع ۱ ہی رہنے کے لئے تناؤ کو بدل کر ت ۲ کرنا پڑا۔ اگر پہلے کیطرح تار کا وہی طول یعنے ل ۱ بحال رہتا تو تناؤ ت ۲ کی حالت میں امتداد بدل جاتا۔ اگر اُس کو ع ۲ قرار دیا جائے تو

$$ع_۲ = ع_۱ \frac{ل_۲}{ل_۱}$$

پس طول ل ۱ کے تار کا امتداد ع ۲ تناؤ ت ۲ کی

حالت میں شمار ہو سکتا ہے۔
اسی طرح طول ل۱ کا امتداد $ع_۳ = ع_۱ \frac{ل_۳}{ل_۱}$ ہوگا جبکہ تناؤ ت۳ کر دیا جاتا ہے۔ اسیطرح ع۲، ع۳ وغیرہ شمار کر کے نکالو اور بتاؤ کہ تعدد (ع) متناسب ہے $\sqrt{ت}$ کے ساتھ۔
مشاہدات وغیرہ کے نتائج کو ذیل کی جدول کیطرح لکھو:۔
قائم تار کا تعدد = ع۱

تار کا تناؤ گرام وزنوں میں ت	تار کا طول جو تعدد ع۱ کا سُر دیتا ہے ل	طول ل۱ ہو تو سُر کیا ہوگا حسابی عمل سے $ع = ع_۱ \frac{ل_۲}{ل_۱}$ وغیرہ	$\frac{\sqrt{ت}}{ع}$
ت۱ =	ل۱ =	ع۱ =	$\frac{\sqrt{ت_۱}}{ع_۱}$ =
ت۲ =	ل۲ =	$ع_۲ = ع_۱ \frac{ل_۲}{ل_۱}$ =	$\frac{\sqrt{ت_۲}}{ع_۲}$ =
ت۳ =	ل۳ =	$ع_۳ = ع_۱ \frac{ل_۳}{ل_۱}$ =	$\frac{\sqrt{ت_۳}}{ع_۳}$ =

جدول کے آخری خانہ کے عدد مستقل پائے جائینگے۔
یعنی ع متناسب ہے $\sqrt{ت}$ کا۔
تجربہ (۱۰) تار کی کمیت فی اکائی طول کے ساتھ اُس کے تعدد کی تبدیلی۔ تار کو صوت پیما پر ایک مقررہ وزن کے ذریعہ تان دو۔ اور دیکھو قائم تار کے ساتھ اُس کا کیا طول ہم سُر ہوتا ہے۔

پھر اس تار کو صوت پیما پر سے نکال لے کر دوسرا تار چڑھا دو۔ لیکن اُس کو پہلے وزن ہی کے ذریعہ تانو۔ پھر آزمالو قائم تار کے ساتھ اُس کا کیا طول ہم سُر ہوتا ہے۔

شکل (۱۵)

صوت پیما اُفقی وضع میں

یہی عمل تین یا چار مختلف تاروں کے ساتھ دہراؤ جو مختلف مادّے اور مختلف قطر کے ہوں۔

بعد ازاں ہر ایک تار کو (یا اُس کے کافی لمبے ٹکڑے کو) تول لو اور اُس کا طول ناپ کر کمیّت فی اکائی طول شمار کرو۔

تجربہ (۸) کے نتیجہ کے ذریعہ حسابی عمل سے دریافت کرو ایک ہی تناؤ کی حالت میں ہر ایک تار کا تعدّد کیا ہوتا اگر اُس کا طول پہلے تار کے طول کے مساوی ہوتا۔

اس سے ہر ایک تار کا تعدد (ع۱) معلوم ہو جاتا ہے جب کہ ان کے مساوی طول ایک ہی تناؤ کی حالت میں ارتعاش کریں گے۔

بتاؤ کہ ع ل √ک کی قیمت ہر ایک تار کے لئے غیر متبدل ہے۔ یعنے ع متناسب ہے $\frac{1}{ل\sqrt{ک}}$ کا۔

نتیجہ اس طرح لکھا جائے:-

قائم تار کا تعدد = ع۱

تار ۲ کے ساتھ دوسرے تار کی لمبائی جو ہم سر کئے گئے ہیں ل۱، ل۲، ل۳ وغیرہ	ہر ایک تار کی کمیت فی اکائی طول ک۱، ک۲، ک۳ وغیرہ	ہر ایک تار کی طول ل۱ کا تعدد جبکہ تناؤ یکساں ہے ع۱، ع۲، ع۳ وغیرہ	ع ل √ک
ل۱ =	ک۱ =	ع۱ =	ع۱ ل۱ √ک۱ =
ل۲ =	ک۲ =	ع۲ = ع۱ $\frac{ل_2}{ل_1}$ =	ع۲ ل۲ √ک۲ =
ل۳ =	ک۳ =	ع۳ = ع۱ $\frac{ل_3}{ل_1}$ =	ع۳ ل۳ √ک۳ =

جدول کے آخری خانہ کے عدد مستقل پائے جائیں گے۔ یعنے ع متناسب ہے $\frac{1}{ل\sqrt{ک}}$ کا۔

تجربہ (۱۱) صوت پیما کے ذریعہ مطلق تعدد کی تعیین۔

ایک تار کو معلوم قوت (ت ڈائیں) لگا کر تانو جس دوشاخے کے تعدد کی تعیین مقصود ہو اس کے ساتھ

اس تار کا کیا طول (ل) سم ہم سُر ہوتا ہے دریافت کرو۔
تار کا ایک لمبا ٹکڑا کاٹ کر تول لو۔ اور اُس کی کمیّت فی اکائی طول (ک گرام فی سم) معلوم کر لو۔
پھر تار کا تعدد ارتعاش ضابطہ ذیل سے شمار کرو۔ دو شاخہ کا تعدّد بھی یہی ہو گا۔

$$ع = \frac{1}{2ل}\sqrt{\frac{ت}{ک}}$$

ان نتائج پر مختلف تجربے ترتیب دئے جا سکتے ہیں۔ ذیل میں چند مشقیں دیجاتی ہیں جو تاروں کے ارتعاش پر وضع کی گئی ہیں۔
تجربہ (۱۲) ایک تار کے مادّے کی کثافت کی تعیین صوت پیما کے ذریعہ۔ اس تعیین میں تار کو صوت پیما کے تختے پر سے علحدہ کرنا نہیں چاہیئے۔ ایک معلوم تعدّد کا دو شاخہ دیا جاتا ہے۔ معلوم قوت سے تار کو تانو۔ اور اُس کا کیا طول، دئے ہوئے دو شاخے کے ساتھ، ہم سُر ہوتا ہے دریافت کرو۔

$$مساوات \quad ع = \frac{1}{2ل}\sqrt{\frac{ت}{ک}}$$

ع کی قیمت دی ہوئی ہے۔ ت معلوم ہے اور ل کی پیمایش ہو لیتی ہے۔ پس ک کی قیمت شمار ہو جاتی ہے۔
چونکہ (ک) ایک سم لمبے فلزی اسطوانے

کی کمیّت ہے۔ اگر تار کی عمودی تراش کا نصف قطر (ط)

ہو تو ک = π ط^۲ ث

جس میں (ث) سے مراد تار کی کثافت ہے۔ پس اگر تار کا نصف قطر کسر پیما پیچ سے ناپ لیا جائے تو (ث) کی تعیین ہو سکتی ہے۔

تجربہ (۱۴) ایک دئے ہوے وزن کی تعیین، صوت پیما کے ذریعہ۔ صوت پیما کے ذریعہ ایک غیر معلوم وزن (مثلاً ایک تھیلی سیسے کی گولیوں سے بھری ہوی) کی تعیین بھی ایک مفید مشق ہو سکتی ہے۔ معلوم تعدّد کے ایک دو شاخے کے ساتھ، ل سم طول کے ایک تار کو، دئے ہوے غیر معلوم وزن کے ذریعہ تان کر ہم سُر کیا جائے۔ قبل از قبل تار کے ایک کافی لمبے طول کو تول لیکر اُس کی کمیّت فی سنتی میٹر دریافت کرلیا جائے۔ چونکہ

ع = $\frac{1}{2\,ل}\sqrt{\frac{ت}{ک}}$

اور ع، ل، اور ک کی قیمتیں معلوم ہیں لہٰذا (ت) کی قیمت شمار ہو سکتی ہے۔
اگر وزن (و) گرام ہو تو ت = و ج

پس و = $\frac{ت}{ج}$

جس سے وزن کی تعیین ہو جاتی ہے۔
نوٹ۔ طالب علم کو چاہئے ایسے ضابطوں سے پرہیز کریں۔

جیسے

$$ع = \frac{1}{2طل}\sqrt{\frac{ت}{\pi ث}}$$

$$ث = \frac{ت}{4ل^2ط^2ع^2\pi}$$ وغیرہ وغیرہ

اُنکی صحت میں کلام نہیں، لیکن انکا یاد رکھنا حافظہ پر غیر ضروری بوجھ ہے۔ جو نتائج ان میں شامل ہیں، سب کے سب، اس اساسی مساوات سے بآسانی نکل آتے ہیں:

$$ع = \frac{1}{2ل}\sqrt{\frac{ت}{ک}}$$

یہ مساوات ابتدائی اصول کے ذریعہ بالراست اخذ ہوتی ہے۔ جیساکہ صفحہ (۲۷) پر بتایا گیا ہے، اس کا اخذ کرنا نہایت آسان ہے۔

(فصل ۳) تنبیہہ موسیقی آلات کو ہم سُر کرنے سے متعلق

دو موسیقی آلون کو ہم سُر کرنے میں (مثلاً ایک دوشاخہ اور ایک تار کو، یا دو تارون کو)، اگر طالب علم کا کان موسیقی رموز سے آشنا نہو، تو دقت پیش آتی ہے۔ ایسی صورت میں سُر ملنے کی شناخت بعض طریقون سے کیجاتی ہے جو گمگ کے اصول پر مبنی ہوتے ہیں۔ ایک طریقہ "ضربوں" کے ذریعہ ہے۔ جب سُر ملنے کے قریب ہوتے ہیں اُن کے درمیان ضربیں

پیدا ہوتی ہیں۔ اُن کی وجہ سے آواز کی حدّت میں جلد جلد تغیر محسوس ہوتے ہیں اور موسیقی رموز سے نا آشنا بھی اُن کو پہچان لیتا ہے۔

جب ضربیں اسقدر دیر دیر سے پیدا ہوتی ہیں کہ بعد کو چلکر پہچانی نہیں جا سکتیں تو سمجھنا چاہیئے کہ اب سُر ملگئے۔ صوت پیما کے ساتھ تجربہ کرتے وقت تار کا طول تھوڑا تھوڑا بتدریج بدل کر ٹھیک کرنا چاہیئے تاکہ ضربیں زیادہ زیادہ دیر سے پیدا ہوں۔ جب وہ تمیز نہو سکیں تو دونوں سُر متماثل سمجھے جا سکتے ہیں، یعنے آواز دینے والے جسموں کے تعدد مساوی ہیں۔

دوسرا طریقہ، جبکہ تار اُفقی وضع میں ہوتا ہے، یہہ ہے کہ تار کے مقام وسط پر کاغذ کا چھوٹا راکب رکھا جاتا ہے۔ صوت پیما کے دوسرے تار کو مرتعش کرنے سے، یا دو شاخے کو مرتعش کر کے صوت پیما کے تختے پر کھڑا کرنے سے، کاغذ کا راکب حرکت کرنے لگیگا، بشرطیکہ تار کا سُر مرتعش جسم کے سُر کے قریب ہو۔ اگر دونوں سُر بالکل ملجائیں تو راکب کو ہیجان ہوگا۔ پس تار کے طول کو بتدریج بدلکر راکب کی حرکت پر نظر رکھنے سے اُس کے سُر کو دئے ہوئے سُر کے ساتھ ملا سکتے ہیں۔

آواز پر مزید عملی مشقیں

(۱) دو نلیاں دونوں طرف سے کھلی دی جاتی ہیں، ایسی کہ ایک نلی دوسری کے اندر پھنس کر جاسکتی ہے۔ ان کے مجموعے کے طول کو ٹھیک کر کے ایک دوشاخے کے ساتھ گمک دلاؤ۔ اور اس سے دوشاخے کے تعدّد ارتعاش کی تعیین کرو۔

(۲) گرتی تختی کے ذریعہ دو دوشاخوں کے تعدّدوں کا مقابلہ کرو۔

(۳) ایک دی ہوئی شیشے کی سلاخ میں آواز کی رفتار دریافت کرو۔

(۴) معلوم تناؤ کی حالت میں، ایک دی ہوئی رسی پر عرضی موج کی رفتار ناپ کر، اس کے ایک سنتی میٹر طول کی کمیت دریافت کرو۔

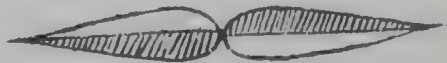
(۵) صوت پیما کے ذریعہ سے دو تاروں کے مادّوں کی کثافتوں کا مقابلہ کرو۔

(۶) صوت پیما کے ذریعہ دو دوشاخوں کے تعدّدوں کا مقابلہ کرو۔

(۷) دو ٹھیلیوں کے وزن کا، صوت پیما کے ذریعہ مقابلہ کرو۔

(۸) ایک تار کو، یکے بعد دیگرے، مختلف وزنوں کے ذریعہ تانو۔ اور دریافت کرو ان صورتوں میں، ایک معلوم تعدّد کے دوشاخے کے ساتھ ہم سُر ہونے

کے لئے، تار کا طول بالترتیب کیا ہوتا ہے۔ ایسا ہی ایک تار دو میٹر لمبا، فی ثانیہ ۵۰ ارتعاش کرنے کے لئے کیا تناؤ چاہئے شمار کرو۔

(۹) ایک معمولی، تنگ گردن کی دوائی کی بوتل دیجاتی ہے۔ اس کو بطور گمکئے کے استعمال کرو۔ اور اس میں حسب ضرورت پانی ڈالکر گمک دینے والے ہوائی اسطوانے کا حجم تبدیل کر کے دریافت کرو کس حجم کا کیا تعدد ہوتا ہے۔ ایک منحنی کے ذریعہ گمک دینے والے اسطوانے کے حجم اور تعدد ارتعاش میں تعلق بتاؤ۔

روشنی یا نور

پہلا باب

ھندسی نور کے کلیّے

فصل (۱) اختلاف منظر

جب تک روشنی ایسے واسطے میں سے گزرتی ہے، جس کے خواص ہر مقام پر اور ہر مقام کی ہر ایک سمت میں، ایک ہی ہوتے ہیں، اُس کا گزر خطوط مستقیم میں ہوتا ہے۔ روشنی کی اشاعت خطوط مستقیم میں ہونے کیوجہ سے اُس کی شعاع (یعنے نہایت قلیل عمودی تراش کی پنسل) کو ایک ھندسی خط مستقیم سے تعبیر کیا جاسکتا ہے۔ کسی شے کے دکھائی دینے کی سمت، دیکھنے والے کی آنکھ میں داخل ہونی والی شعاع کی سمت پر منحصر ہوتی ہے۔ **اختلاف منظر** (پیرلکس) کی اصطلاح سے، جو ابتداءً ہیئت کے مشاہدوں کے لئے مخصوص تھی، اب کسی شے کا وہ ظاہری انتقال مکان مفہوم ہے جو مشاہدہ کرنے والے کی حقیقی تبدیل مقام کے باعث پیدا ہوتا ہے۔ جس مقام سے کسی شے کو دیکھتے ہیں اگر وہ بدل جائے تو اُس شے کی ظاہری وضع میں بھی اُسکی مناسبت سے تبدیلی واقع ہوگی۔ مثلاً اگر ایک مقام سے دو چیزیں معائنہ

کی جاتی ہیں تو ایک کی، دوسرے کے لحاظ سے، ایک خاص وضع نظر آتی ہے (جس کو ہم اضافی وضع کہہ سکتے ہیں) پھر جب ان کو دوسرے مقام سے معائنہ کرتے ہیں تو اُن کی اضافی وضعوں میں فرق نظر آتا ہے۔ بطور مثال کے، قرنبیق کی دو ٹیکنوں کو ایک میز پر کھڑا کرو۔ اور اُن کو ایک ایسے مقام سے دیکھو کہ دونوں ایک سیٹ میں (ٹھیک ایک دوسرے کے پیچھے) نظر آئیں۔ اگر اب اس مقام سے ذرا سا سیدھے جانب ہٹ کر دیکھو گے تو زیادہ فاصلہ پر جو ٹیکن واقع ہوگی دوسری ٹیکن کے سیدھے جانب نظر آئیگی۔ اسیطرح اگر پہلے مقام سے بائیں طرف ہٹ کر دیکھو گے تو دور کی ٹیکن نزدیک کی ٹیکن کے بائیں جانب نظر آئیگی۔ پس جو شئے زیادہ فاصلہ پر ہوتی ہے، مشاہدہ کرنیوالا جسطرف حرکت کرتا ہے اُسیطرف، کم فاصلہ کی شئے کے لحاظ سے، حرکت کرتی ہے۔

کم فاصلہ کی ٹیکن کو اُس کی پہلی جگہ پر قائم رکھہ کر دوسری کو اس کے نزدیک لیجاؤ اور ان کے ایک سیٹ میں نظر آنے کے مقام سے اُن کو ایک جانب اُتنا ہی فاصلہ ہٹ کر دیکھو جتنا پہلے ہٹا تھا۔ اب دور کی ٹیکن نزدیک کی ٹیکن کے لحاظ سے پہلے سے کم ہٹی ہوی نظر آئیگی۔ اگر ایک ٹیکن دوسری کے ساتھ ایک سیٹ میں مسلسل کھڑا کردی جائے تو جس کسی مقام سے معائنہ کروگے دونوں ہمیشہ ایک سیٹ ہی میں دکھائی دینگی۔ آئینوں یا عدسوں سے پیدا ہونے والے خیالوں پر بھی یہی اصول حادی ہے۔ جب دو جسم ایک دوسرے

پر منطبق ہوتے ہیں یا دونوں ایک سیٹ میں مسلسل ہوتے ہیں، تو ان میں اختلاف منظر نہیں ہوتا۔ دو جسم یا خیال منطبق ہیں یا نہیں دریافت کرنے کے لئے یہی امتحان کیا جاتا ہے۔ اگر اختلاف منظر پایا گیا تو مصرحۂ بالا قاعدے سے معلوم کر لیا جاتا ہے کہ کونسا جسم یا خیال زیادہ فاصلہ پر واقع ہے۔ اس طریقہ کا نام طریقہ اختلاف منظر رکھا گیا ہے۔ اختلاف منظر کی مختلف مثالیں دیکھنے میں آتی ہیں۔ [مثلاً تیز رفتار ریل گاڑی کے دریچوں میں سے باہر کیطرف دیکھنے سے نزدیک اور دور کی چیزوں کی اضافی حرکت سے سارے منظر میں تقریباً دائری حرکت پیدا ہونے کا اشتباہ ہوتا ہے۔ مترجم]

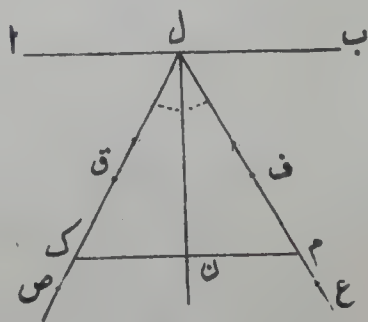
(فصل ۲) مستوی سطحون سے انعکاس

روشنی کے انعکاس کے کلیے

جب روشنی کی شعاع کسی صیقل کی ہوی سطح پر گرتی ہے تو اُس کا انعکاس ان قواعد کے تحت ہوتا ہے:—
قاعدہ (۱) واقع شعاع، منعکس شعاع اور اس مقام پر سطح کا عمود تینوں ایک مستوی میں واقع ہوتے ہیں۔
قاعدہ (۲) واقع شعاع اور عمود کا درمیانی زاویہ (زاویۂ وقوع) مساوی ہوتا ہے منعکس شعاع اور عمود کے درمیانی زاوئے کے (زاویۂ انعکاس کے)۔

تجربہ (۱۴۱) انعکاس کے قواعد یا کلیوں کا عملی ثبوت۔ ایک مستوی آئینہ اور چند الپنوں کے ذریعہ سے ان قواعد کو اسطرح ثابت کر سکتے ہیں:-

نقشہ کشی کے کاغذ کو نقشہ کشی کے تختے پر جما دو۔ اور اُس پر ایک آئینے کی پٹی انتصابی وضع میں کھڑا کرو۔ آئینہ انتصابی نالی کے ایک لکڑی کے کندے میں کھڑا کیا جا سکتا ہے۔ اُس کی سطح بالکل مستوی ہونی چاہیئے اور جتنا پتلا ہوگا اتنا ہی اچھا ہوگا۔ اگر ممکن ہو تو ایسا آئینہ استعمال کیا جائے جس کے سامنے کی سطح پر چاندی چڑھی ہوئی ہو۔

عاکس سطح کا مقام بتانے کے لیئے کاغذ پر ایک خط کھینچو۔ تختے پر دو الپن ع، ف کھڑے کرو (شکل ۱۶) آئینے میں دیکھنے سے ان کے خیال نظر آئینگے۔ آنکھ ایسے مقام پر رکھو جہاں سے یہ خیال ایک سیٹ میں نظر آئیں۔ اور دوسرے دو الپن ص اور ق ان خیالوں کے ساتھ ایک سیٹ میں نصب کر دو۔ ع اور ف کے مابین کافی فاصلہ (۱۰ یا ۱۵ سنتی میٹر) ہونا چاہیئے۔ ص اور ق میں بھی اتنا ہی فاصلہ۔ خط ع ف ایک واقع شعاع بتائیگا۔ خط ص ق سے اس کی منعکس

شکل (۱۶)
انعکاس کے کلیے

شعاع کا پتہ چلیگا۔

اگر آئینہ کی وضع نقشہ کشی کے تختہ پر عمودی ہے تو ضرور ہوگا کہ ص اور ق الپنوں کے پاؤں ع اور ف الپنوں کے پاؤں کے ساتھ ایک مسلسل خط میں نظر آئیں۔ اس لئے کہ اس صورت میں آئینہ کا عمود نقشہ کشی کے تختے کے مستوی میں واقع ہوتا ہے، اور انعکاس کے پہلے کلیے کے بموجب شعاع واقع، شعاع منعکس اور آئینہ کا عمود تینوں ایک ہی مستوی میں ہونا چاہئے۔

فرض کرو ع ف شعاعیں آئینہ سے نقطہ ل پر ملتی ہیں۔ نقطہ ل پر ل ن آئینہ کے عمود وار کھینچو۔ گنیا کے ذریعہ م ل ن اور ک ل ن زاویئے ناپ لو۔ اور ل سے شعاعوں کی سیدھ میں ل ک اور ل م مساوی فاصلہ (مثلاً ۱۰ اسم) ناپو اور ک م کو ملاؤ۔

اگر ک ن اور م ن مساوی ہوں تو مثلث ک ل ن اور م ل ن متطابق ہیں اور م ل ن اور ک ل ن زاوئے باہم مساوی ہیں۔ خطوط ک ن اور م ن کے طول ناپو اور نتائج قلمبند کرو۔

انعکاس کے دوسرے کلیے کے ثبوت کے لیئے واقع شعاع کی کم از کم دو اور وضعین بدل کر یہی عمل دوہرایا جائے۔ ہر صورت میں زاویہ وقوع اور زاویہ انعکاس پیمائش سے مساوی پایا جانا چاہیئے۔

اگر آئینہ موٹا ہے تو خطوط ع ف اور ص ق آئینہ کی سامنے کی سطح کے عقب میں شیشہ کی موٹائی کے

تقریباً $\frac{2}{3}$ فاصلہ پر ملینگے ۔ اِن کے ملنے کے مقام کو سطح عاکس کا معادل تصور کرنا چاہیئے ۔

مستوی آئینہ میں کسی شئے کا خیال بنتا ہے تو آئینہ کے پیچھے اُسیقدر دور ہوتا ہے جسقدر شئے آئینہ کے سامنے ہوتی ہے ۔

تجربہ (۱۵) مستوی آئینہ سے پیدا ہونے والا خیال۔ ایک اپن کو ایک مستوی آئینہ کے سامنے کسی مقام پر کھڑا کردو ۔ جہاں اُس کا خیال نظر آتا ہے وہاں ایک دوسرے اپن کو کھڑا کرکے آئینے کے اوپر سے دیکھو ۔ اگر پہلے اپن کے خیال اور دوسرے اپن میں اختلافِ منظر پایا جائے تو دوسرے اپن کو اُس کے مقام پر سے اُٹھاکر کسی دوسرے مقام پر کھڑا کردو ۔ حتیٰ کہ اس آزمائش سے ایک ایسا مقام ہاتھ آئے کہ دوسرے اپن کو وہاں کھڑا کرنے سے وہ پہلے اپن کے خیال کے ساتھ کہیں سے بھی ایک سیٹ میں نظر آئے یہی مقام پہلے اپن کے خیال کا مقام ہے ۔ پہلے اپن سے معادل عاکس سطح کا عمودی فاصلہ ناپو ، اور نیز اُس کے خیال کا عمودی فاصلہ اسی سطح سے ۔ یہ دونوں تقریباً مساوی ہونا چاہیئے ۔ اِن کو اپنی مشقی بیاض میں لکھ لو ۔

دو مستوی آئینوں کی سطحیں جب باہمدیگر ایک زاویہ پر مائل ہوتی ہیں تو روشنی کے انعکاس سے خیالوں کا ایک سلسلہ بنتا ہے ۔

تجربہ (۱۶) مائل مستوی آئینے ۔ دو خط مستقیم ایک اُفقی وضع کے کاغذ پر ایک دوسرے پر (۱) ۹۰ درجہ پر (۲) ۶۰ درجہ پر مائل کھینچو ۔ اِن خطوں پر دو مستوی آئینوں کو استادہ کردو ۔

اِن کے زاویہ میلان میں کسی مقام پر ایک اپین نصب کرو اور اُن تمام خیالوں کے مقام دریافت کرو جو روشنی کے انعکاس سے آئینوں میں دکھائی دیتے ہیں۔ بتاؤ کہ یہ سب کے سب ایک دائرے کے محیط پر واقع ہیں جس کا مرکز آئینوں کے تقاطع کا نقطہ ہے، اور اگر زاویہ میلان (ز) درجہ ہو تو خیالوں کی تعداد ($\frac{۳۶۰}{ز}$ - ۱) ہے۔

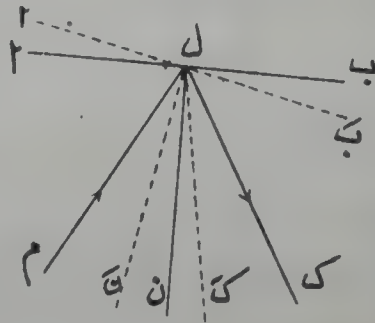
ایک خیال دونوں آئینوں کے عقب کے زاوئے میں دکھائی دیگا۔ جن شعاعوں کے ذریعہ یہ خیال نظر آئیگا اُن کو، اپین سے، دیکھنے والے کی آنکھ تک، خطوط کھینچ کر بتاؤ۔ امتیاز کی غرض سے ہر ایک خیال پر مناسب نشان لگایا جائے مثلاً ایک آئینہ میں ایک ہی انعکاس سے اگر خیال پیدا ہو تو اُس کو خ۱ کہا جائے۔ دوسرے آئینہ میں ایک ہی انعکاس سے پیدا ہو تو خ۲ اور اگر پہلے آئینہ میں دو بار انعکاس اور دوسرے میں ایک بار انعکاس ہو کر بنے تو خ۱،۲ وغیرہ۔

مستوی آئینہ کی تحویل

جب کوئی آئینہ ایسے محور پر گھمایا جائے جو سطح وقوع پر عمود وار ہو، تو شعاع منعکس آئینے کے زاویۂ تحویل سے دوچند زاویہ میں گھوم جاتی ہے۔

فرض کرو اب مستوی آئینہ کی ابتدائی وضع ہے۔ شکل (۱۷)۔ م ل واقع شعاع اور ل ک

منعکس شعاع ہے، اور ل ن آئینہ کی سطح پر کا عمود۔
جب آئینہ ایک معیّن زاویہ میں گھوم جاتا ہے تو
فرض کرو انہی حروف پر زبر کی علامت لگا کر
شعاعوں وغیرہ کی نشاندہی کیجاتی ہے۔ انعکاس
کے کلیوّں سے طالب علم بآسانی ثابت کر سکینگے
کہ ک ل ک یعنے منعکس شعاع کے گھومنے کا زاویہ
ن ل ن یعنے آئینے کے گھومنے کے زاویہ کا دوچند ہے۔

تجربہ (۱۷) گھومتے ہوے آئینہ میں روشنی
کی شعاع کا انعکاس۔ تجربہ کی مدد سے شعاعوں کے
راستوں کو اپنوں کے ذریعہ بتا کر یہ ثابت کر
سکتے ہیں کہ منعکس شعاع آئینے کے زاویہ تحویل سے
دوچند زاویہ میں گھوم جاتی ہے۔ دو اپنوں
کے ذریعہ واقع شعاع م ل کی سمت اور دوسرے
دو کے ذریعہ منعکس شعاع
ل ک کی سمت بتائی
جائے۔ عاکس سطح
کی وضع بھی خط کھینچ
کر بتائی جائے۔ اس کے
بعد آئینے کو ایک معیّن
زاویہ میں گھماؤ اور
پہلے کی طرح اپنوں
کے ذریعہ، منعکس شعاع
کی نئی سمت معلوم کرلی
جائے۔ آئینہ کی تحویل
کا زاویہ اور منعکس

شکل (۱۷)
آئینہ کی تحویل

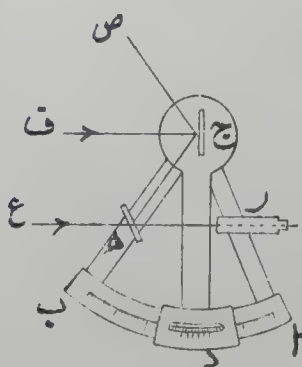
شعاع کے گھومنے کا زاویہ، گنیا سے ناپ لئے جائیں۔ آئینے کو متعدد وضعوں میں کھڑا کر کے اسی طرح عمل کیا جائے اور ان کے نتائج ایک جدول میں درج کئے جائیں۔

یہ بھی ثابت کرو کہ اگر منعکس شعاع کی سمت مستقل رکھی جائے اور آئینہ کو پہلے ایک وضع میں کھڑا کر کے ایک چیز دیکھی جائے اور اس کے بعد اُس کو زاویہ (ز) میں گھما کر کوئی دوسری چیز دیکھی جائے تو ان کی سمتیں آئینے کے محورِ تحویل پر زاویہ (۲ز) بنائینگی۔

آلہ سُدس

یہ آلہ دور کی دو چیزوں کے زاویۂ مفارقت کی پیمائش کے لئے استعمال ہوتا ہے۔ زاویۂ مفارقت سے مراد وہ زاویہ ہے جو کسی دیکھنے والے کی آنکھ کو اُن دو چیزوں سے ملانے والے، خطوط کے مابین واقع ہوتا ہے۔ زیادہ تر اُس کو فنِ جہاز رانی میں آفتاب، یا کسی ستارہ کا ارتفاع ناپنے کی غرض سے استعمال کرتے ہیں۔

تجربہ (۱۸) آلہ سدس کی ترتیب۔ اس کو بغور ملاحظہ کرو۔ $\overline{\text{اب}}$ تقریباً ۶۰ درجہ کی ایک درجہ دار قوس ہے جس کے ساتھ دو قائم اور نیم قطری باز و $\overline{\text{جا}}$ اور $\overline{\text{جب}}$ لگے ہوئے ہیں۔ ایک تیسرا باز و $\overline{\text{جد}}$ قوس کے مرکز (ج) کے

گرد گھوم سکتا ہے۔ اس پر ایک علامت اور کسر پیما (د) نصب ہیں۔ ایک مماسی پیچ والے شکنجے کے ذریعہ سے اس بازو کو دھیمی رفتار دیجا سکتی ہے (ج) کے پاس یک مستوی آئینہ ہے جسکو انڈکس گلاس (نمائندہ شیشہ) کہتے ہیں اور جو متحرک بازو پر استادہ ہے اور اُس کے ساتھ گھومتا ہے آئینہ کی سطح درجہ دار قوسی سطح پر عمودی ہونی چاہئے۔ (ہ) پر ایک شیشے کی تختی نصب ہے جس کا صرف نیچے کا آدھا حصہ مفضض ہے۔ اسکی سطح بھی قوس کی سطح پر عمود وار ہے اور اُس کو اُفقی شیشہ کہتے ہیں۔ عموماً اِس آلے کے ساتھ چند گہرے رنگ کے شیشے کی تختیاں بھی ہوتی ہیں جو آفتاب کی روشنی کی حدّت گھٹانے کے لئے استعمال کی جاتی ہیں۔

شکل (۱۸) آلۂ سُدس

جب نمائندہ شیشہ اُفقی شیشے کا ٹھیک متوازی ہوتا ہے دور کی کسی چیز کی شعاعیں دوربین (ر) میں (جو ج ا بازو پر استادہ کیجاتی ہے) دو جداگانہ راستوں سے داخل ہو سکتی ہیں۔ متوازی شعاعوں کی ایک پنسل اُفقی شیشے کے غیر مفضض حصے میں سے

گزر کر دوربین میں بلا انحراف داخل ہوتی ہے۔ دوسری پنسل نمائندہ شیشے سے منعکس ہو کر افقی شیشے کے مفضض حصے پر پڑتی ہے۔ وہاں سے منعکس ہو کر دوربین میں پہلی پنسل ہی کی سمت میں داخل ہوتی ہے سبب کی سب متوازی شعاعیں دوربین (ر) کے دہانے کے ماسکی مستوی میں جمع ہو جاتی ہیں اور اُس دور کی چیز کا صرف ایک خیال بنتا ہے۔ ایسی حالت میں آلے کے متحرک بازو کی علامت (یا نمائندہ) درجہ دار قوس کے صفر نشان پر آجانا چاہیئے۔ اگر کسی اور نشان (د) پر آئے تو اُس کو لکھ لینا چاہیئے۔ یہ نشان آلے کے صفر کا نشان کہلاتا ہے۔ اب اگر متحرک بازو (اُس کے آئینے ج سمیت) ایک چھوٹے زاوئے میں گھمایا جائے تو آئینے سے منعکس ہونے والی شعاعیں دوربین میں پہلے سے جداگانہ سمت میں داخل ہونگی۔ پس اُن سے پیدا ہونے والا خیال راست نظر آنے والے (یعنی ج سے منعکس نہ ہو کر بننے والے) خیال سے کسیقدر ہٹا ہوا نظر آئیگا۔

فرض کرو ع ھ اور ج ص سمتوں میں دکھائی دینے والی دور کی دو چیزوں کے درمیانی زاویہ کی پیمائش مقصود ہے۔ آلہ سدس ایسی وضع میں رکھا جائے کہ دوربین کا رخ راست ایک چیز کی طرف سمت ع ھ میں ہو۔ اُس شے سے شعاعیں افقی شیشے کے غیر مفضض حصہ میں سے گزر کر دوربین میں آئینگی۔ آئینہ (ج) (متحرک بازو کے ساتھ) گھمایا جائے تو [illegible] کی سمت میں آنے والی شعاعیں

ج ھ کی سمت میں منعکس ہو جائیں اور پھر افقی شیشے کے مفضض حصہ سے منعکس ہو کر دوربین میں داخل ہوں۔ تب دونوں دور کی چیزوں کا درمیانی زاویہ (یعنی ج ص اور ھ ع سمتوں کا زاویۂ میلان) زاویہ ص ع ف ہے جو زاویہ ا ج د کا دوچند ہے۔ اور ا ج د وہ زاویہ ہے جس میں متحرک بازو ج د آئینہ (ج) کے محور کے گرد نشان صفر سے نکل کر گھوما۔

تجربہ (۱۷) کے نتیجہ سے یہ صاف ظاہر ہے اس لئے کہ منعکس شعاع ج ھ کی سمت مستقل رہتی ہے۔

حسابی عمل سے بچنے کے لئے قوس ا ب کی درجہ بندی عموماً اس طرح کیجاتی ہے کہ ہر ایک درجہ پر اُس کا دوہرا عدد لکھا جاتا ہے۔ اس سے زاویۂ میلان، قوس کے نشان پڑھ لینے سے راست معلوم ہو جاتا ہے۔ یعنی بعد کے نشان اور صفر کے نشان کا تفاوت زاویہ مقصود ص ع ف ہے۔

نتائج صحیح ہونے کے لئے شرائط ذیل کی تکمیل ضروری ہے:-

(۱) انڈکس کلاس یعنی نمائندہ شیشے کا مستوی درجہ دار قوس کے مستوی پر عمودی ہو۔

(۲) دوربین کا محور قوس کے مستوی کا متوازی ہو۔

(۳) ہر دو دور کی چیزوں کے لئے جن کی سمتوں کا زاویۂ میلان ناپا جاتا ہے نشان صفر کی تعیین ہونی چاہیئے۔ اس لئے کہ اُس کی قیمت اُن چیزوں اور آلہ سدس کے درمیانی فاصلے کے لحاظ سے بدلتی ہے۔

آلہ کی ضروری ترتیبوں کے لیے ترتیبی پیچ مہیا ہوتے ہیں۔ لیکن اس کتاب کی مشقوں میں یہ فرض کر لیا جائیگا کہ خود آلہ بنانے والے نے آلے کو ترتیب دیکر ٹھیک کر دیا ہے۔

تجربہ (۱۹) آلہ سدس کے ذریعہ سے السمت کی پیمایش۔ آلے کے ذریعہ ایک ہی افقی مستوی کی دو چیزوں کا زاویہ میلان ناپا جائے۔ سہولت کی غرض سے دو روشن موم بتیاں یا برقی لمپ (چراغ) استعمال کیے جا سکتے ہیں۔ آلہ سدس کو ان چیزوں ہی کے مستوی میں رکھنا چاہیئے۔ دونوں چیزوں تک کے فاصلے ناپ لئے جائیں اور ان فاصلوں اور ان کے زاویہ میلان (ز) کے ذریعہ سے ان چیزوں کا فاصلہ ایک دوسرے سے شمار کیا جائے۔ بعد کو راست طور پر ناپ کر اس فاصلہ کی تصدیق کر لیجائے۔ اس سے زاویہ میلان کی صحت کا پتہ چلیگا۔

تجربہ نمبر ۲۰ آلہ سدس کے ذریعہ ارتفاع کی پیمائش۔ کسی دور کی چیز کا زاویئہ ارتفاع ناپا جائے۔ اس چیز کا بالائی ترین حصہ آلہ سدس کی سطح میں ہونا چاہیئے۔ زاویہ ارتفاع کو آلہ کے ذریعہ ناپ لینے کے بعد اس کی اور آلہ اور اس چیز کے نیچے کے حصہ کے درمیانی افقی فاصلہ کی مدد سے ارتفاع شمار کرو۔ اگر ممکن ہو تو راست ناپ کر اس ارتفاع کی تصدیق کر لو۔ اس سے بہتر طریقہ کسی دور کی چیز کا ارتفاع ناپنے کا یہ ہے کہ ایک کشادہ برتن میں پارہ ڈالکر شعاعوں کے انعکاس سے دور کی چیز کے سرے کا خیال دیکھا جائے۔

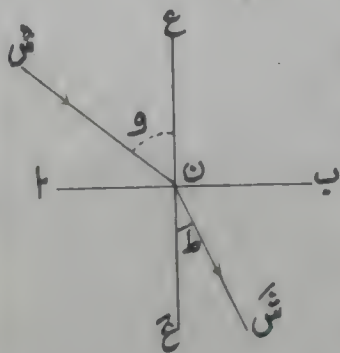
پارے کی سطح افقی ہو گی اسلئے اس چیز کے سرے اور اس کے خیال میں جو فاصلہ ہو گا ارتفاع کا دو چند ہو گا۔ پس آلہ سدس سے اس چیز اور اس کے خیال کا زاویہ میلان ناپنے سے زاویہ ارتفاع (جو اس زاویہ کا نصف ہے) معلوم ہو جاتا ہے۔

فصل (۳) مستوی سطحوں میں روشنی کا انعطاف

انعطاف کے کلیئے

جب روشنی کی شعاع ایک واسطہ سے نکلکر دوسرے واسطہ میں آتی ہے تو عموماً اسکی سمت تبدیل ہو جاتی ہے۔ اسی کا نام روشنی کا انعطاف ہے۔ منعطف شعاع کی سمت پر تمام آیزوٹروپک (متساوی السمت) واسطوں میں ذیل کے دو کلیئے حادی ہیں۔

[نوٹ۔ ایزوٹروپک واسطہ سے مراد ایسی چیز ہے جس کے خواص ہر سمت میں یکساں ہیں۔ یعنے سمت کی تبدیلی کا خواص پر اثر نہیں پڑتا۔]

کلیہ (۱) شعاع واقع، سطح پر کا عمود اور شعاع منعطف تینوں ایک ہی مستوی میں ہوتے ہیں۔

کلیہ (۲) زاویہ وقوع کی

شکل ع ۱۹ کلیہ انعطاف

جیب کو زاویہ انعطاف کی جیب سے جو نسبت ہوتی ہے کسی دو واسطوں اور کسی خاص رنگ کی روشنی کے لئے مستقل ہوتی ہے۔ اِس مستقل عدد (مہ) کو، پہلے واسطہ سے دوسرے واسطہ میں روشنی کی شعاع کا، انعطاف نما کہتے ہیں۔

اگر شکل (۱۹) میں اب کو دو واسطوں کو تفریق کرنے والی سطح فرض کیا جائے۔ ش ن نقطہ ن پر کی واقع شعاع، اور ع ن ع سطح کا عمود، تو منعطف شعاع ن ش اسی مستوی میں ہو گی جس میں ش ن اور ع ن ع واقع ہیں۔ اور

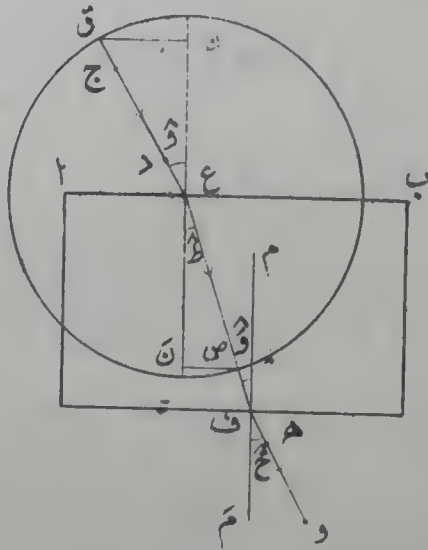
جب ‹ و / جب ‹ ط = ایک مستقل = ۱ مہ ۲

‹ و زاویہ وقوع یعنے ش ن ع ہے اور ‹ ط زاویہ انعطاف یعنے ش ن ع ہے۔

کسی مادّے کے مطلق انعطاف نما سے مستقل (مہ) کی قیمت مراد ہے، جب کہ روشنی کی شعاع خلا سے اُس مادّے میں داخل ہوتی ہے۔ روشنی ہوا سے نکل کر مادّے میں داخل ہوتے وقت مستقل کی جو قیمت ہوتی ہے، اُس میں اور مطلق انعطاف نما میں، نہایت قلیل فرق ہے۔

تجربہ ۲۱ انعطاف کے کلیوں کی تصدیق

ایک مستطیل شیشے کے کندے کو نقشہ کشی کے بڑے تاو پر رکھو اور اُس کے گرد باریک پنسل سے خط کھینچکر کاغذ پر اُسکا مقام معیّن کر دو۔ دو الپین

کندے کے ایک جانب اس طرح کھڑے کرو کہ انکو ملانے والا خط شیشے کی سطح پر ایک ترچھی شعاع واقع کی مثال ہو۔ الپن ایک دوسرے سے کم از کم ۵ اسم فاصلہ پر ہونے چاہئیں۔ اب کندے کے مقابل کی جانب سے شیشے کے اندر دیکھو اور آنکھ کو ایسے مقام پر لیجاؤ جہاں سے دونوں الپن ایک ہی خط میں نظر آئیں۔ پھر دو اور الپن کندے اور آنکھ کے بیچ میں پیشتر کے دو الپنوں کے خیالوں کے ساتھ ایک سیدھ میں کھڑے کرو۔ انکا درمیانی فاصلہ بھی ۵ اسم سے کم نہ ہونا چاہیئے۔ اس پر بھی غور کرو کہ جب آنکھ ٹھیک کاغذ کی سطح پر واقع ہوتی ہے تو نقطے جو کاغذ میں چاروں الپنوں کے

شکل غ۲ شیشے کے کندے میں روشنی کا انعطاف

چبھنے سے بنتے ہیں سب کے سب ایک خط پر نظر آتے ہیں۔ چونکہ

کندا استطیل ہے اُسکی عاطف سطح کاغذ کی مستوی میں ہو گی؟
پس انعطاف کے پہلے کلیہ کی تصدیق ہو گئی۔
الپنوں (ج، د، ھ، و) کے مقاموں پر نشان کرو اور اُنکو اور کندے کو کاغذ پر سے اٹھالو۔ ج د کو ملاؤ اور اُس کو آگے بڑھا کر کندے کی سامنے کی سطح سے نقطہ (ع) پر ملنے دو۔ اسیطرح ھ و کو ملاؤ اور اُس کو کندے کے مقابل والی سطح کی طرف آگے بڑھا کر اس سطح سے نقطہ (ف) پر ملنے دو۔ واضح ہے کہ ج د واقع شعاع کی سمت ہے اور ھ و خارج شعاع کی سمت۔ پس شعاع شیشے کے اندر نقطہ (ع) کے پاس داخل ہوی اور نقطہ (ف) پر نکل آئی۔ ع ف کو ملاؤ۔ خط ع ف شعاع کا راستہ بتاتا ہے جب کہ وہ شیشہ میں سے گزرتی تھی۔ خارج شعاع ھ و اور واقع شعاع ج د دونوں متوازی ہونگے، اسکی بھی تصدیق کرلو۔
ع اور ف کے پاس شیشے کی سطحوں پر عمود کھینچو۔
پہلی سطح پر وقوع کا زاویہ ق ع ن ہے۔ اختصار بطور اس کو و کہو۔
پہلی سطح پر انعطاف کا زاویہ ن ع ص ہے۔ اسکی ط سے تعبیر کرو۔
دوسری سطح پر کے وقوع و انعطاف کے زاویوں کو بالترتیب و اور خ سے تعبیر کرو۔
جب ‹و اور جب ‹ط کی نسبت دریافت کرنے کے لئے دو طریقے استعمال کئے جا سکتے ہیں:۔
طریقہ (۱) و اور ط زاویونکو گنیا کے ذریعہ سے ناپ لو، اور ریاضی کی جدولوں میں دیکھہ کر انکی جیبوں کی قیمتیں لکھہ لو۔ پھر $\frac{\text{جب ‹و}}{\text{جب ‹ط}}$ کی قیمت شمار کرو۔

طریقہ (۲) ترسیمی طریقہ۔ نقطہ (ع) کو مرکز بنا کر کم از کم ۱ اسم نصف قطر کا ایک دائرہ کھینچو۔ نقطہ (ق) جہاں شعاع واقع دائرہ کو قطع کرتی ہے معلوم کرلو۔ اسیطرح نقطہ (ص) بھی جہاں شعاع منعطف (جو اگر ضرورت ہو تو آگے کو بڑھائی جائے) کا دائرے سے تقاطع ہوتا ہے، معلوم کرلیا جائے۔ ق اور ص سے ع پر کے عمود ن ع نَ پر خطوط ق ن اور ص نَ عمودوار کھینچو۔ اور اِن عمودی خطوں کے طول احتیاط کے ساتھہ ناپ لو۔

$$\frac{\text{جب}\angle \text{و}}{\text{جب}\angle \text{ط}} = \frac{\frac{\text{ق ن}}{\text{ق ع}}}{\frac{\text{ص نَ}}{\text{ص ع}}} = \frac{\text{ق ن}}{\text{ص نَ}}$$

$\frac{\text{ق ن}}{\text{ص نَ}}$ کی قیمت شمار کرلیجائے۔

انعطاف کے دوسرے کلیہ کی تصدیق کے لئے جیب زاویہ وقوع اور جیب زاویہ انعطاف کی نسبت، شعاع واقع کیلئے کم از کم دو مختلف وضعی ترتیب دیکر، دریافت کیجانی چاہیے اور اِس نسبت کی جو قیمتیں حاصل ہونگی اِن میں بہت قریب کی موافقت ہونی چاہیئے۔ شیشے کا انعطاف نما اِن قیمتوں کا اوسط ہوگا۔

شیشہ کی دوسری سطح پر شعاع کا جو انعطاف ہوتا ہے، اُس سے بھی ثابت کیا جا سکتا ہے کہ $\frac{\text{جب}\ \hat{\text{وَ}}}{\text{جب}\ \hat{\text{خ}}}$ کی قیمت مستقل ہے۔

$\frac{\text{جب } \hat{و}}{\text{جب } \hat{ط}}$ سے جو مستقل دریافت ہوا، ہوا سے شیشہ میں روشنی جانے کا انعطاف نما ہے اور $\frac{\text{جب } \hat{و}}{\text{جب } \hat{خ}}$ سے جو مستقل دریافت ہوگا، شیشہ سے ہوا میں روشنی جانے کا انعطاف نما ہے۔

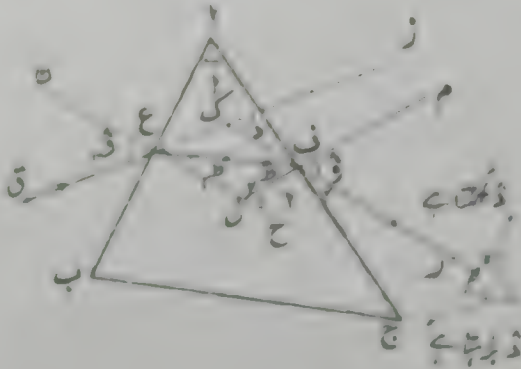
اگر ان مستقلوں کو بالترتیب $ه_{ہش}$ اور $ش_{ہ}ه$ قرار دیں، تو معلوم ہوجائیگا کہ $ه_{ہش} = \frac{1}{ش_{ہ}ه}$۔ واضح ہوکہ شیشہ کی سطحیں متوازی ہیں اور شعاع خارج شعاع واقع کے متوازی ہے یعنے $\hat{و} = \hat{خ}$ اور $\hat{ط} = \hat{و}$۔ پس اوپر جو نتیجہ ماخوذ ہوا ہے خلاف توقع نہیں ہے

$$\text{چونکہ } ه_{ہش} = \frac{\text{جب } \hat{و}}{\text{جب } \hat{ط}} = \frac{\text{جب } \hat{خ}}{\text{جب } \hat{و}} = \frac{1}{ش_{ہ}ه}$$

چونکہ $\hat{و}$ اور $\hat{خ}$ مساوی ہیں، اس لئے جب ایک متوازی سطحوں والے واسطے میں سے روشنی کا انعطاف ہوتا ہے تو واقع اور خارج شعاعوں میں انحراف نہیں پایا جاتا۔ پہلی سطح پر جو انحراف ہوتا ہے دوسری سطح پر اس کی پوری تلافی ہوجاتی ہے۔

روشنی کا انعطاف منشور میں

جب روشنی کی شعاع ایک شیشہ کے منشور میں سے گزرتی ہے یا کسی بھی ایسے مادے کے منشور میں سے گزرتی ہے جو باعتبارِ نور ہوا سے کثیف تر ہو، تو

علی العموم، پہلی سطح پر کے انعطاف سے شعاع کی سمت میں جسطرف کو انحراف پیدا ہوتا ہے، دوسری سطح پر کے انعطاف سے ہی اسیطرف انحراف وقوع میں آتا ہے۔ (دیکھو شکل ۲۱)۔ اگر دونوں انحراف ایک ہی طرف نہ ہوں جیساکہ شعاع کی بعض وضعوں میں پایا جاتا ہے تاہم ضرور کچھہ انحراف وقوع میں آتا ہے اور شعاع منشور سے خارج ہوتی ہے تو اُس کے قاعدے کی طرف مڑجاتی ہے۔ خارج شعاع ف س اور واقع شعاع ھ ع کی سمتوں میں جو

شکل ۲۱
شیشہ کے منشور میں روشنی کا انعطاف

زاویہ میلان ہوتا ہے زاویۂ انحراف کہلاتا ہے۔ شکل (۲۱) میں (ذ) زاویہ انحراف ہے۔ ایک دئیے ہوئے منشور سے روشنی کی شعاع میں جو انحراف پایا جاتا ہے، شعاع کے زاویۂ وقوع کے تابع ہوتا ہے۔ نظریہ اور تجربہ دونوں کے ذریعہ ثابت ہو سکتا ہے کہ زاویۂ انحراف اسوقت اقل ہوتا ہے جبکہ شعاع منشور میں

سے متشاکلاً گزرتی ہے ۔ یعنے جب کہ شعاع کی سمت ع ق ف
منشور کے اندر، منشور کے بازوں کے ساتھ مساوی
زاوئیے بناتی ہے ۔ ایسی حالت میں کہا جاتا ہے کہ منشور
اقلّ انحراف کی وضع میں واقع ہے ۔ اس وضع میں اگر
$\hat{و}$ اور $\hat{ط}$ بالترتیب وقوع اور انعطاف کے زاوئیے
ہوں تو انحراف کا زاویہ $\hat{د} = ۲ (\hat{و} - \hat{ط})$، اور منشور کا
انعطافی زاویۂ $(\hat{ا}) = ۲\hat{ط}$.

$$\text{پس } \hat{و} = \tfrac{1}{2}(\hat{ا} + \hat{د}) \text{ اور } \hat{ط} = \tfrac{1}{2}\hat{ا}$$

$$\text{لہذا } م = \frac{\text{جب } \hat{و}}{\text{جب } \hat{ط}} = \frac{\text{جب } \langle \tfrac{1}{2}(ا+د)}{\text{جب } \langle \tfrac{1}{2}(ا)}$$

[نوٹ ۔ چونکہ زاویۂ اقلّ انحراف کو $\hat{ح}$ اور منشور
کے انعطافی زاویہ کو $\hat{ز}$ لکھنا زیادہ مناسب ہوگا اسلئے
ہم اس مساوات کو

$$م = \frac{\text{جب } \langle \left(\frac{ز+ح}{2}\right)}{\text{جب } \langle \frac{ز}{2}}$$ لکھیں گے

پس م یعنے انعطاف نما کی قیمت کی تعیین کے لئے
ضرور ہے کہ منشور کا انعطافی زاویۂ ($\hat{ز}$) ناپ لیا
جائے اور پھر زاویہ اقلّ انحراف ($\hat{ح}$) ۔ مترجم]

تجربہ ۲۲ ۔ الپنوں کے ذریعہ شیشے کے منشور میں روشنی کے انعطاف کی تعیین ۔

نقشہ کشی کے ایک تاؤ پر شیشہ کا ایک بڑا منشور

ایسی وضع میں رکھو کہ اُسکا انعطافی کنارہ انتصابی ہو۔ پنسل سے منشور کے گرد لکیر کھینچ کر اُس کا مقام معیّن کرلو۔ منشور کی ایک سطح سے بالکل متصل ایک الپن کھڑا کرو۔ اِس سے تقریباً ۱۰ سم فاصلہ پر ایک دوسرا الپن انتصابی وضع میں کاغذ میں چبھودو۔ اب منشور کی دوسری سطح میں سے دیکھو گے تو اِن الپنوں کے "خیال" نظر آئینگے۔ آنکھ کو ہٹاکر ایسے مقام پر لیجاؤ جہاں سے ان الپنوں کے خیال (جو روشنی کے انعطاف سے بنتے ہیں) ٹھیک ایک سیدھ میں دکھائی دیں۔ دو اور الپن آنکھ اور منشور کے بیچ میں اِس خط پر استادہ کردو۔ پھر اِن الپنوں کے مقاموں کے ذریعہ واقع اور خارج شعاعیں کھینچو۔ اور اِن کو منشور تک آگے بڑھاکر انکا زاویہ میلان یعنے انحراف کا زاویہ معلوم کرلو۔ خروج کا زاویہ بھی معلوم کرلو۔ پہلے الپن کو منشور کی سطح سے لگائے رکھو اور اپنے مقام سے ہٹنے نہ دو۔ لیکن دوسرے کو ایسی جگہ لیجاؤ کہ اُنکے سے جو شعاع واقع بنیگی اِسکا زاویۂ وقوع منشور کی سطح کے ساتھ پہلے سے جداگانہ ہو۔ خارج شعاع اب جس راستہ سے جائیگی اُس کی سمت اور زاویۂ انحراف معلوم کرلو۔

یہی عمل وقوع کے کئی جداگانہ زاویوں کے ساتھ جن میں تقریباً پانچ پانچ درجوں کا فرق ہو، کیا جائے۔ اور ایک منحنی کھینچ کر زاویۂ انحراف اور زاویۂ وقوع کا باہمی تعلق بتایا جائے۔

اِس منحنی سے واضح ہوگا کہ زاویہ انحراف کی قیمت ایک خاص زاویۂ وقوع کے لئے اقل ہوتی ہے۔

جب یہ صورت پیش آتی ہے تو بتایا جائے کہ زاویۂ وقوع و زاویۂ خروج دونوں مساوی ہوتے ہیں۔

تجربہ ۲۳ الپنوں کے ذریعہ، ایک منشور کے لئے شعاع کے زاویۂ اقلّ انحراف کی تعیین۔

پہلے کیطرح منشور کو نقشہ کشی کے تختہ پر رکھو۔ زاویہ انحراف منشور کے جن بازوؤں کے میلان سے پیدا ہوتا ہے انیں سے ایک بازو سے لگاکر ایک الپن کھڑا کرو۔ اور اس سے کوئی ۱۰ سنتی میتر دور ایک دوسرا الپن کھڑا کرو۔

اب منشور کے دوسرے بازو سے زاویہ کے اندر نظر ڈالو، ایسے مقام سے کہ متذکرۂ بالا دو الپن ایک کے پیچھے ایک دکھائی دیں۔ پھر منشور کو اس کے بازو کے الپن سے لگا رکھ کر گھماؤ، ساتھ ہی آنکھ کو بھی حسب ضرورت ہٹاتے جاؤ، تاکہ دونوں الپن ایک سیٹ میں نظر آتے رہیں۔

جب منشور کو ایک طرف گھماؤ گے تو دونوں الپن ایک سیٹ میں نظر آنے کے لئے آنکھ کو اسیطرف ہٹانے کی ضرورت پیش آئیگی جدہر منشور کے انعطافی زاویہ کا رخ ہوگا۔ اور جب اس کو مقابل جانب گھماؤ گے تو آنکھ کو، پہلے جس جانب ہٹانا پڑا تھا اب اس کے مقابل جانب، گھمانا ہوگا۔ ملاحظہ ہو شکل ۲۱۔ پہلی صورت میں منشور کے گھومنے سے شعاع کے انحراف میں کمی واقع ہوتی ہے اور دوسری صورت میں زیادتی۔ چونکہ ہمیں اقلّ انحراف کی وضع دریافت کرنا مقصود ہے اس لئے منشور کو اس طرح گھمانا چاہیے کہ آنکھ الپنوں کو ایک سیدھ

میں دیکھتے ہوے منشور کے انعطافی زاوئیے کی جانب ہٹے
جب منشور اسطرح تھوڑا سا گھوم لیگا تو الپن کچھ دیر تک
اپنی جگہ پر قائم نظر آئینگے باوجودیکہ منشور کی گردش بیشتر ہی
کی سمت میں جاری رہیگی۔ اس کے بعد ہی اگر منشور کو
اسیطرف گھمائینگے تو آنکھہ کو بیشتر کی مقابل سمت میں
ھٹانا پڑیگا۔ جس سے یہہ ظاہر ہوتا ہے کہ انحراف
میں پھر زیادتی شروع ہوگئی۔ پس منشور کو خفیف سا
الٹا پھیر کر ایسی وضع میں لانا چاہئے کہ آنکھہ شعاع واقع
کی سمت نزک سے، جسقدر نزدیک ہونا ممکن ہو، ہوجائے
اقلّ انحراف کی یہی وضع ہوگی۔

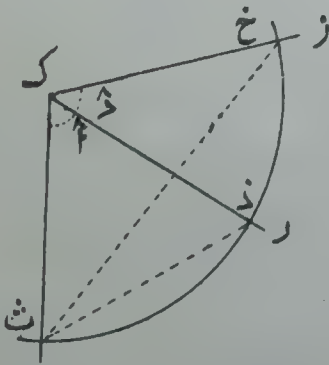
منشور کی اس وضع میں دو الپنوں کے ذریعہ شعاع
خارج کی راہ معیّن کردو اور منشور کے گرد پنسل سے
لکیر کھینچ کر اس کے انعطافی زاویہ (ا) پر نشان لگادو
اب منشور اور الپن کاغذ پر سے اٹھا لئے جا سکتے ہیں
اور واقع اور خارج شعاعیں کھینچ کر زاویۂ اقلّ انحراف
(ح) بتایا جاسکتا ہے۔ صحت عمل کے امتحان کی غرض
سے دیکھو آیا منشور کے اندر سے شعاع کا راستہ
اس کے دونوں بازوں کے ساتھہ مساوی زاویوں پر
مائل ہے یا نہیں۔

ضابطہ $م = \frac{\text{جب}\ \angle\ \frac{ا+د}{۲}}{\text{جب}\ \angle\ \frac{ا}{۲}}$ کے ذریعہ سے

منشور کے انعطاف نما کی تعیین دو طریقوں سے ہوسکتی
ہے۔

(ا) **گنیا کی مدد سے۔** زاوئیے (ا) اور

(د) گنیا کے ذریعہ ناپ لئے جائیں اور ریاضی کی جدولیں دیکھ کر جب ⟨ (ا+د)/۲ اور جب ⟨ ا/۲ معلوم کر لئے جائیں

(۲) ترسیمی طریقہ سے (جو ڈاکٹر ڈبلیو ولسن کا پیش کردہ ہے)۔ کاغذ پر "اقل انحراف" کا زاویہ حسب طریقہ مرحہ بالا لکیر کھینچ کر بتانے کے بعد منشور کو کاغذ پر ایسی وضع میں رکھتے ہیں کہ اس کے انعطافی زاویہ کے ایک پہلو کا انطباق خارج شعاع کے خط سے ہوتا ہے اور راس زاویہ کا انطباق واقع اور خارج شعاعوں کے نقطۂ تقاطع (ک) سے۔ پھر انعطافی زاویہ کے دوسرے پہلو سے لکیر کھینچ کر شکل (۲۲) کی طرح انعطافی زاویہ (ا) بتا دیا جاتا ہے۔ اور (ک) کو مرکز مان کر ۱۰ یا ۱۵ سم قطر کا ایک دائرہ کھینچتے ہیں جو ان تینوں خطوط کو ش، خ اور ذ نقطوں میں قطع کرتا ہے۔

شکل ۲۲
انعطاف نما کی تعیین ترسیمی طریقہ سے

شکل کے ہندسی خواص پر غور کرنے سے معلوم ہو جائیگا کہ

$$\frac{\text{جب} \angle \frac{\text{ا} + \text{د}}{۲}}{\text{جب} \angle \frac{\text{ا}}{۲}} = \frac{\text{ث خ}}{\text{ث ذ}}$$

$$\text{م} = \frac{\text{ث خ}}{\text{ث ذ}}$$

پس اگر خطوط $\overline{\text{ث خ}}$ اور $\overline{\text{ث ذ}}$ کے طول ناپ لئے جائیں تو انعطاف نما (م) کی قیمت شمار ہو جاتی ہے۔

داخلی کلی انعکاس اور زاویہ فاصل۔

جب روشنی کی شعاع ایک، باعتبار نور کثیف تر واسطہ سے نکل کر لطیف تر واسطہ میں داخل ہوتی ہے تو سطح فاصل سے پرے ہٹ جاتی ہے۔ یعنی $\frac{\text{جب} \angle \text{و}}{\text{جب} \angle \text{ط}}$ کی قیمت (۱) سے کم ہوتی ہے۔

پس زاویۂ انعطاف کے بڑھنے کی شرح، بہ نسبت زاویہ وقوع کے، زیادہ ہوتی ہے۔

ایک زاویہ وقوع $\hat{\text{ف}}$ ایسا ہوتا ہے کہ انعطاف کے بعد شعاع خارج سطح فاصل کے متوازی ہوتی ہے۔ یعنی زاویہ انعطاف ۹۰° ہوتا ہے۔ پس $\frac{\text{جب} \angle \text{ف}}{\text{جب} \angle ۹۰°} =$ کثیف تر واسطہ سے لطیف تر واسطہ کا انعطاف نما۔

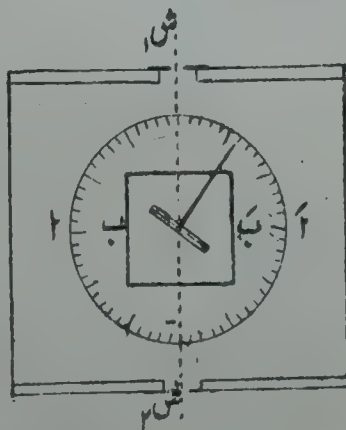
چونکہ جب $\angle ۹۰° = ۱$، لہذا اس انعطاف نما کی قیمت جب $\angle$ف کے مساوی ہے۔

اگر کثیف واسطہ میں زاویہ وقوع $\hat{\text{ف}}$ سے

بڑھ جائے تو شعاع اُس سے نکل کر لطیف واسطہ میں داخل نہیں ہوسکتی۔ اسلئے کہ زاویۂ خروج کی جیب کی قیمت (۱) سے بڑھ نہیں سکتی۔ پس ایسی صورت میں سب کی سب روشنی کثیف مادّہ ہی میں منعکس ہو جاتی ہے۔ اس انعکاس کو کلّی داخلی انعکاس کہتے ہیں۔

واضح ہو کہ زاویہ ف، بلحاظ مقررہ دو واسطوں کے کثیف تر واسطہ میں کلّی داخلی انعکاس ہونے کا سب سے چھوٹا زاویہ ہے۔ جب زاویہ وقوع اس سے ذرا چھوٹا ہوتا ہے شعاع دوسرے واسطہ میں سطح فاصل سے تماس کرتی ہوی خارج ہوتی ہے۔ اسی وجہ سے یہہ زاویہ اُن دو واسطوں کا زاویۂ فاصل کہلاتا ہے۔

اگر لطیف واسطہ ہوا ہو تو جیب (ف کثیف واسطہ کے انعطاف نما کا عکس ہوگی۔ اس لئے کہ وہ کثیف واسطہ سے ہوا میں نور جانے کا انعطاف نما ہے۔

تجربہ ۲۴۔

زاویۂ فاصل کی تعیین۔ شیشہ کی دو متوازی تختیوں کے بیچ میں پتلے ربڑ یا رانگ کے ورق

شکل ۲۳۔ زاویۂ فاصل کی تعیین۔

کا حلقہ رکھہ کر ہوا کی ایک باریک جھلی محبوس کی جاتی ہے۔ کناڈا بلسان کے ذریعہ تختیاں جمادی جاتی ہیں اور آلہ ایک انتصابی تکلے کے ساتھ جو تختیوں کے متوازی ہوتا ہے جوڑ دیا جاتا ہے، تاکہ سب کا سب ایک انتصابی محور کے گرد گھمایا جاسکے۔ زاویۂ تحویل ایک ہم محور دائری پیمانے اا کے ذریعہ ناپا جاسکتا ہے۔ شکل (۲۴)۔

جس مائع کا زاویۂ فاصل دریافت کرنا مقصود ہو آلہ اُس میں ڈبو دیا جاتا ہے۔ اور مائع ایک مکعب شکل کے، شیشہ کی تختیوں سے بنائے ہوئے خانہ ب ب میں رکھا جاتا ہے۔

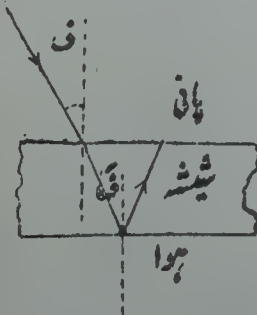
نور کی ایک تنگ پنسل مائع کے اندر سے، خانہ کے دو پہلوؤں پر عمود وار، گزرتی ہے۔ ش، ش، دو تنگ متوازی جھریاں ہیں۔ ایک جھری میں سے دیکھتے ہیں اور دوسری جھری کے پیچھے مبداء نور رکھا جاتا ہے۔

جب ہوا کی جھلی روشنی کی پنسل پر عمود وار واقع ہوتی ہے تو پنسل اس میں سے پار ہو جاتی ہے۔ تکلے کو گھمانے سے، مائع میں سے ہوا میں روشنی جانیکا زاویۂ وقوع بڑھتا جاتا ہے یہانتک کہ زاویۂ فاصل کے مساوی ہو جاتا ہے۔ اگر تکلا اس سے ذرا اور زیادہ گھمایا جائے تو پنسل کا کلی انعکاس ہوکر ہوا میں کچھ بھی روشنی داخل نہیں ہونے پاتی۔ درجہ دار دائرے پر آلہ کی یہ وضع نشان کرلی جاتی ہے۔ پھر شیشہ کے خانے کو اُلٹا گھماتے ہیں یہانتک، کہ روشنی پھر پیدا ہوتی ہے

اس کے بعد بھی اس کو اسی طرح گھمائے جاتے ہیں حتیٰ کہ روشنی مکرر غائب ہو جاتی ہے۔ خانہ جس زاویہ میں گھوما مائع کے زاویۂ فاصل کا دوچند ہے۔

پس مائع کا انعطاف نما م = $\frac{1}{\text{جب} \angle \text{ف}}$

اس طریقہ سے پانی کے زاویۂ فاصل اور انعطاف نما کی تعیین کی جائے

[چونکہ ہوائی جھلی شیشہ کی تختیوں میں محبوس ہے اس لئے روشنی مائع سے شیشہ میں آتی ہے اور شیشہ سے ہوا میں۔ جب روشنی غائب ہوتی ہے تو اسکا وقوع جس زاویۂ فاصل پر ہوتا ہے دراصل شیشہ اور ہوا کے زاویۂ فاصل پر ہوتا ہے۔ بریں ہمہ تجربہ متذکرہ بالا میں جو زاویہ ناپا جاتا ہے پانی اور ہوا کا زاویہ فاصل ہے۔ ذیل میں اس کی وجہ بتائی جاتی ہے۔

شکل ۱۳۲ ۔ زاویۂ فاصل۔

اگر پانی میں شعاع کا زاویۂ وقوع اس کا زاویۂ فاصل (ف) ہو اور شیشہ سے ہوا میں جانے کا زاویۂ وقوع (فَ)، تو

$$\frac{\text{جب } \hat{\text{ف}}}{\text{جب } \hat{\text{فَ}}} = \text{م}_{\text{پانی شیشہ}} = \frac{\text{شیشہ کا انعطاف نما}}{\text{پانی کا ”}}$$

یعنے $\frac{\text{جب } \hat{\text{ف}}}{\text{جب } \hat{\text{ف}}}$ $\frac{\text{ہوا} \mu \text{ شیشہ}}{\text{ہوا} \mu \text{ پانی}}$

لیکن جب $\hat{\text{ف}}$ = $\frac{1}{\text{ہوا} \mu \text{ پانی}}$

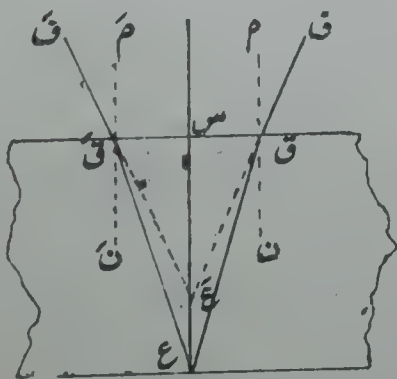
∴ جب $\hat{\text{ف}}$ = $\frac{1}{\text{ہوا} \mu \text{ پانی}}$

جس کے معنے یہ ہیں کہ اگر شعاع پانی سے شیشہ میں ایسے زاویہ پر واقع ہو جو پانی کے لئے زاویۂ فاصل ہے تو منعطف شعاع شیشہ سے ہوا کی سطح پر جس زاویہ پر واقع ہوگی وہ شیشہ کے لئے زاویۂ فاصل ہوگا۔ پس شیشہ سے ہوا کی سطح پر ٹکرا کر شعاع کا کلی داخلی انعکاس جب ہی ہوتا ہے کہ پانی سے شیشہ میں داخل ہوتے وقت اسکا زاویہ وقوع پانی کے لئے زاویۂ فاصل ہے۔

ظاہری موٹائی کے ذریعہ انعطاف نما کی تعیین

جب کسی صاف پانی کے حوض میں نگاہ انتصابی وضع میں پڑتی ہے تو پانی کی گہرائی حقیقی گہرائی سے کم نظر آتی ہے۔ اسی طرح اگر شیشہ کے ایک مستطیل کندے میں سے دیکھا جائے تو اس کی موٹائی اس کی حقیقی موٹائی سے کم نظر آتی ہے۔ یہ در اصل روشنی کے انعطاف کا نتیجہ ہے جبکہ وہ پانی سے نکل کر ہوا میں یا شیشہ سے ہوا میں آتی ہے۔

فرض کرو (ع) شفاف مستطیل کندے کی تہ میں

ایک نقطہ ہے، جہاں سے نور کی شعاعیں نکلتی ہیں اور کندے سے ہوا میں جاتے ہوئے ق، قَ کے پاس مڑ جاتی ہیں۔ شکل (۲۵)۔ ع قَ اور ع ق عمود ع س سے مساوی زاویوں پر مائل شعاعیں ہیں جو بعد انعطاف ق ف اور قَ فَ کی راہ سے ہوا میں چلی آتی ہیں۔ ان منعطف شعاعوں کو پیچھے کی طرف بڑھانے سے وہ نقطہ (عَ) پر مل جاتی ہیں۔ جب یہ شعاعیں کسی آنکھ میں داخل ہوتی ہیں تو اس کو نقطہ (ع) بمقام (عَ) دکھائی دیتا ہے۔

شکل ۲۵ - ظاہری موٹائی۔

اگر ہوا سے روشنی کثیف تر واسطہ میں جانے کا انعطاف نما (م) قرار دیا جائے، تو

$$م = \frac{\text{جب} \angle \text{ف ق م}}{\text{جب} \angle \text{ع ق ن}} = \frac{\text{جب} \angle \text{ق عَ س}}{\text{جب} \angle \text{ق ع س}}$$

$$\therefore \text{م} = \frac{\frac{\text{س ق}}{\text{س عَ}}}{\frac{\text{س ق}}{\text{س ع}}} = \frac{\text{قا ع}}{\text{ق عَ}}$$

جب دیکھنے والے کی نگاہ کندے پر انتصابی واقع ہوتی ہے تو س عَ ق اور س عَ قَ زاویے بہت چھوٹے ہوتے ہیں اور قا ع قریب قریب س ع کے مساوی ہو جاتا ہے اور ق عَ قریب قریب س عَ کے۔

$$\text{پس م} = \frac{\text{س عَ}}{\text{س عَ}} = \frac{\text{کندے کی حقیقی موٹائی}}{\text{کندے کی ظاہری موٹائی}}$$

اگر حقیقی اور ظاہری موٹائی دونوں ناپ لی جائیں تو کندے کے مادّے کا انعطاف نما دریافت ہو سکتا ہے۔

تجربہ ۲۵۔ پانی کا ظاہری عمق ناپ کر اس کے انعطاف نما کی تعیین۔ سفید کاغذ کا ایک نوکدار ٹکڑا ایک گلاس یا شیشہ کے خانہ کی تہ پر بچھاکر اس پر کوئی وزندار چیز مثلاً پیسہ رکھدو تاکہ کاغذ سرکنے نہ پائے۔ خانہ کی تہ سیاہ رنگی جانی چاہیئے یا خانہ سیاہ رنگ کے کاغذ پر رکھا جائے اور پانی سے بھر کر ایسی بلندی پر رکھا جائے کہ مشاہدہ کرنے والا اس کے اندر اوپر سے دیکھ سکے۔ پھر ایک دوسرا کاغذ کا نمائندہ

ایک ٹیکن پر اس طرح رکھا جائے کہ پانی کی سطح
سے اُس کی بلندی میں حسب ضرورت تغیر تبدل
ہو سکے۔ اوپر سے پانی میں دیکھنے سے پہلے کاغذ کا
خیال جو شعاعوں کے انعطاف سے بنیگا بآسانی دکھائی
دیگا۔ دوسرے کاغذ کا خیال بھی جو پانی کی سطح سے
شعاعوں کا انعکاس ہوکر بنیگا دکھائی دے سکیگا،
بشرطیکہ اس دوسرے کاغذ کی نیچے والی سطح بخوبی
روشن ہو۔ اس دوسرے کاغذ کی بلندی ٹھیک
کرکے ان خیالوں کا اختلاف منظر رفع کیا جائے۔
ایسی صورت میں انعکاس اور انعطاف سے بنے
ہوے خیال ایک دوسرے سے منطبق ہوجائنگے۔
انعکاس سے پیدا ہونے والا خیال پانی کی سطح
کے نیچے اسیقدر فاصلہ پر واقع ہے جسقدر دوسرا
کاغذ سطح کے اوپر ہے۔ پس پانی کا ظاہری عمق
اُس کی سطح سے اس دوسرے کاغذ کے فاصلہ
کے مساوی ہے۔ یہ ظاہری عمق اور حقیقی عمق
دونوں ناپ لئے جائیں اور اِن سے پانی کا انعطاف
نما شمار کیا جائے۔

تجربہ ع۲۶۔ شیشہ کے انعطاف نما

کی تعیین ظاہری عمق کے ذریعہ سے۔

ایک سفید کاغذ کے تاوپر ایک خط مستقیم کھینچ کر اسپر
شیشہ کا ایک بڑا مستطیل کندا رکھو۔ اوپر سے
اگر کندے پر نظر ڈالی جائے تو سارا خط دکھائی
دیگا لیکن اس کا جو حصہ شیشہ کے اندر سے

دکھائی دیگا بظاہر کسیقدر اٹھا ہوا نظر آئیگا۔ اسس حصّہ کا ظاہری مقام معلوم کرنے کے لئے ایک الپن کو افقی وضع میں خط کے متوازی اور نوک شیشہ کی سطح سے لگائے رکھہ کر حسب ضرورت اوپر اٹھاؤ یا نیچے اتارو حتیٰ کہ ایسا مقام ہاتھہ آئے کہ الپن کی نوک اور شیشہ میں سے دکھائی دینے والے خط کے حصّہ میں اختلاف منظر پایا نہ جائے۔ اسس مقام کی تعیین کے لئے ضرور ہوگا کہ الپن ایک ایسی ٹیکن پر رکھی جائے جو انتصابی خط میں حرکت کرسکتی ہو۔

الپن کی نوک سے شیشہ کی اوپر والی سطح کا فاصلہ ناپلو اور نیز شیشہ کے کندے کی حقیقی موٹائی ناپ لو۔ ان دونوں کے ذریعہ شیشہ کا انعطاف نما شمار کرو۔

یہ طریقہ صرف اسی وقت موزوں ہوتا ہے جبکہ شیشہ کا کندا کافی موٹا ہو۔ ۲ سنتی میتر یا اس سے کم موٹی تختیوں کے لئے ایک گیرپیما خردبیں جو انتصابی خط میں ترتیب پاسکے استعمال کیجاتی ہے۔

تجربہ ع۲۷۔ خردبیں کے ذریعہ سے انعطاف نما کی تعیین۔ خردبیں کو (ا) ایک کاغذ یا کسیی اور مناسب مستوی سطح کے دیکھنے کے لئے (بغیر شیشہ کی تختی حائل رکھے) ماسکہ پر لاتے ہیں، پھر (ب) تختی حائل رکھہ کر اس کو کاغذ کے دیکھنے کے لئے ماسکہ پر لاتے ہیں، اور (ج) تختی کی اوپر والی سطح کے لئے ماسکہ پر لاتے ہیں۔ احتیاط کی جاتی ہے کہ ہر ایک صورت میں جو خیال دکھائی دیتا ہے اسس میں اور خردبیں کے صلیبی تارول

میں اختلاف منظر نہو۔
اِن وضعوں میں خرد بیں کا کسر پیما پیمانہ پڑھ کر تختی کی حقیقی اور ظاہری موٹائی فوراً دریافت کرلی جاتی ہے اور پہلے تجربوں کی طرح اسسے انعطاف نما شمار کیا جاتا ہے۔
مائعات اگر کم مقدار میں ہوں تو ان کا انعطاف نما بھی کسر پیما خردبیں کے ذریعہ دریافت کیا جاسکتا ہے۔ جس ظرف میں مائع ڈالا جائیگا اس کی تہ دیکھنے کے لئے خردبیں کو ماسکہ پر لاتے ہیں۔ پھر ظرف میں مائع ڈال کر تہ کو خردبیں سے دیکھتے ہیں۔ اور آخر میں مائع کی کھلی (اوپر کی) سطح خردبیں کو ماسکہ پر لاکر دیکھتے ہیں۔ آخری صورت میں اگر مائع کی سطح پر ذرا سا لائیکو پوڈیم کا سفوف چھڑک دیا جائے تو خردبیں کو ماسکہ پر لانے میں آسانی ہوگی۔

فصل (۴) آتشی منحنیاں

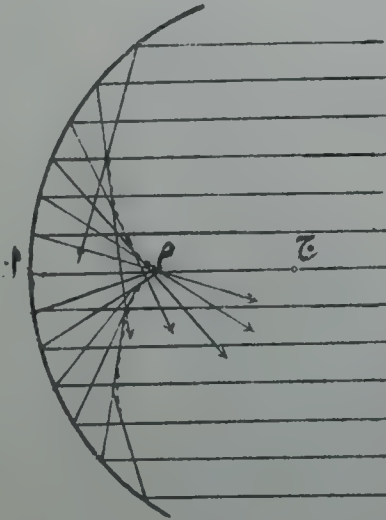
مستوی اور کروی سطحوں کے انعکاس و انعطاف کے ابتدائی نظریہ میں فرض کر لیا جاتا ہے کہ ایک نقطے سے نکلنے والی شعاعوں کی پنسلیں انعکاس یا انعطاف کے بعد ایک دوسرے نقطہ پر جمع ہوتی ہیں یا اُس سے پھیلتی ہوی نظر آتی ہیں۔ اور یہ نقطہ زوجی ماسکہ کہلاتا ہے۔ بالعموم یہ بات محض تقریباً صحیح ہے۔ کوئی دو قریب کی شعاعیں بعد انعکاس یا انعطاف ایک نقطہ پر متقاطع ہو سکتی

ہیں، لیکن یہ ضرور نہیں کہ یہ نقطہ دو اور نزدیک کی شعاعوں کے تقاطع کے نقطہ سے منطبق ہو۔ البتہ تمام شعاعیں ایک خاص منحنی سے تماسس رکھتی ہیں جو (بوجہ کثرت حدّت نور و حرارت) خط آتشی یا آتشی منحنی کہلاتا ہے۔

بطور مثال، فرض کرو ایک مقعّر نصف کُرہ کی شکل کے آئینہ پر اصلی محور کے متوازی شعاعوں کی ایک پنسل واقع ہے۔ شکل (۲۶) کے معائنہ سے واضح ہو گا کہ بعد انعکاس صرف محور کے قریب کی شعاعیں اصلی ماسکہ یعنے (ج) اور (ا) کے وسطی مقام (م) پر سے گزرتی ہیں۔ دوسری منعکس شعاعیں ایک آتشی خط کو چھوتی ہیں جو بلحاظ محور متشاکل ہے اور نقطہ (م) پر ایک قرن رکھتا ہے۔

تجربہ ۲۸۔ انعکاس سے پیدا ہونے والا آتشی خط۔ اپنی منقی بیاض میں صحیح پیمانہ پر ایک نقشہ کھینچ کر خط آتشی بناؤ جبکہ محور کے متوازی شعاعوں کی پنسل ایک نصف کروی آئینہ پر پڑتی ہے۔

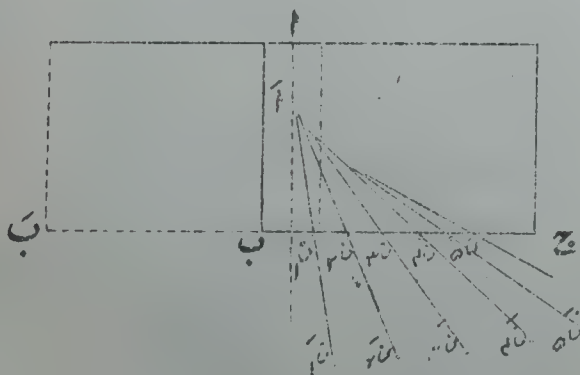
پہلے ایک نصف دائرہ کھینچ کر آئینہ کی تراشش بتاؤ۔ پھر کوئی ایک شعاع محور ج ا کے متوازی کھینچو۔ انعکاس کے بعد اس شعاع کی جو سمت ہو گی اس کو ہندسی طریقہ سے بآسانی اس طرح بتا سکتے ہیں:۔ (ج) کو مرکز مان کر ایک دائرہ کھینچو جو اس شعاع سے تماسس کرے۔ آئینہ کے جس نقطہ پر شعاع واقع ملتی ہے اس سے ایک دوسرا خط کھینچو جو اس

دائرہ ۵ سے تماس کرے۔ شعاع منعکس یہی ہے۔ [طالب علم کو اس کے ثابت کرنے میں کوئی دقت نہو گی]۔ محور کے متوازی دوسری اور شعاعیں کھینچ کر یہی عمل دوہراؤ۔ اور منعکس متواتر شعاعوں کے تقاطع کے مقاموں پر سے گزرنے والا منحنی کھینچو۔ یہ منحنی اُس سطح آتشی کی تراشش ہے جو ایک مقعر نصف کردی آئینہ پر محور کے متوازی واقع شعاعوں کے انعکاس سے بنتی ہے۔

شکل ع۲۶۔
انعکاس سے آتشی خط کی پیدائش

شیشہ کے ایک مستطیل کندے میں روشنی کے انعطاف سے جو آتشی سطح بنتی ہے، البنوں کے ذریعہ تجربہ کرکے

اُس کی شکل کھینچی جا سکتی ہے۔

تجربہ ۲۹۔ انعطاف سے پیدا ہونے والا آتشی خط۔ شیشہ کے کندے کو نقشہ کشی کے ایک تاؤ پر رکھو اور اُس کے ایک کونے سے تقریباً ۲ سم فاصلہ پر، ایک لمبے کنارے سے لگا کر، ایک الپن (ا) کھڑا کرو، جیسا کہ شکل (۲۷) میں بتایا گیا ہے۔ مقابل کے کنارے پر، ½ سنتی میتر فاصلہ سے ن۱، ن۲، ن۳ وغیرہ چند نشان کرو۔ ان میں سے ایک مثلاً ن۱ پر ایک الپن استادہ کرو، اور دیکھو ایک دوسرا الپن نَ۱ کہاں استادہ کیا جائے تاکہ کندے میں سے معائنہ کرنے سے تینوں الپن یعنے ا، ن۱ اور نَ۱ ایک سیدھ میں نظر آئیں۔ جب الپن (نَ۱) کا صحیح مقام مل جائے تو یہی عمل دوسرے نشانوں ن۲ ن۳ وغیرہ پر بالترتیب الپن چبھو کر دوہراؤ۔ جب سب مقام مشخص ہو جائیں شیشہ کے گرد پنسل سے نشان کر کے اس کو کاغذ پر سے اٹھالو۔ پھر ن۱ اور نَ۱ کو خط کھینچ کر ملاؤ اور اس خط کو ن۱ کی سمت میں آگے بڑھاؤ۔ اسی طرح ن۲ اور نَ۲ کو ملاؤ اور ن۲ کی سمت میں آگے بڑھاؤ۔ یہ دونوں خط ایک نقطہ پر ملینگے جو الپن (ا) کا مجازی خیال ہے جو آنکھ کو نَ۱ اور نَ۲ کے قریب سے دکھائی دیتا ہے۔ باقی متعلقہ نقطوں کو اسی طرح ملاکر خطوط کو آگے بڑھانے سے معلوم ہوگا (بشرطیکہ تجربہ کافی احتیاط سے کیا گیا ہے) کہ یہ سب خطوط ایک منحنی کو چھوتے ہیں۔

منحنی کا دوسرا پہلو اور قرن کا صحیح مقام معلوم کرنے کے لئے شیشہ کو بازو کی طرف ہٹا کر، نقطہ دار خط کے ذریعہ جو وضع بتائی گئی ہے، اس میں رکھنا ہوگا۔ مرحلۂ بالا عمل کو دوہرانے سے خط آتشی کا دوسرا پہلو بھی دریافت ہو جائیگا۔ جب شیشہ

شکل ۲۷۔
انعطاف سے آتشی خط کی پیدائش

میں سے الپین (۱) کو دیکھتے وقت نگاہ عمود وار واقع ہوگی تو الپین کا خیال اس آتشی خط کے قرن (اَ) کے پاس نظر آئیگا۔ طالب علم کو چاہئے اس شکل کو بھی اپنی مشقی بیاض میں صحت کے ساتھ اتار لے۔

صفحہ (۷۱) پر جو ضابطہ ثابت ہوا ہے اس کے ذریعہ سے شیشہ کے کندے کا انعطاف نما شمار کرلیا جائے:

$$م = \frac{\text{کندے کی حقیقی موٹائی}}{\text{ظاہری موٹائی}}$$

ظاہری موٹائی سے مراد خط آتشی کے قرن کا فاصلہ کندے کی اُسی سطح سے ہے جو معائینہ کرنے والے کی آنکھ سے قریب ترین ہے سےل جاپ کے ذریعہ کندے کی حقیقی موٹائی ناپ لی جا سکتی ہے۔

تنبیہ۔ چونکہ اس ترسیمی طریقہ سے آتشی خط کے قرن (ا) کا مقام کافی صحت کے ساتھ نہیں دریافت ہو سکتا ہے اس لئے انعطاف نما (م) کی قیمت چنداں صحیح شمار نہ ہوگی۔

دوسرا باب

کروی آئینے

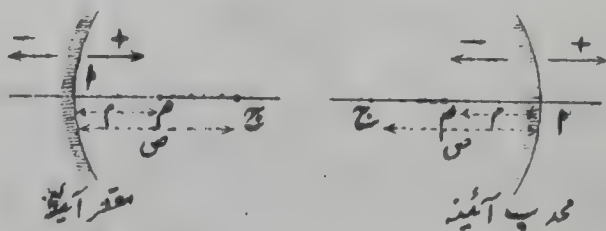
فصل (۱) تمہیدی نظریہ

کروی آئینہ سے مراد ایک مجلا سطح ہے جو ایک جزو کرہ کے مشابہ ہوتی ہے۔ کرہ کا مرکز آئینہ کا مرکز انحنا کہلاتا ہے۔ جب مجلا سطح کا رخ مرکز انحنا کی طرف ہوتا ہے تو آئینہ مقعر ہوتا ہے، جب مجلا سطح کا رخ مرکز انحنا کی مخالف سمت میں ہوتا ہے تو محدب۔ آئینہ کے وسطی مقام کو عموماً اس کا قطب کہتے ہیں۔ آئینہ کے محور سے مراد وہ خط ہے جو اس کے مرکز انحنا اور قطب کو ملاتا ہے۔ واضح ہے کہ کروی آئینہ کا کنارہ ایک دائرہ ہے۔ اس کے قطر کے سروں کو مرکز انحنا سے ملانے سے مرکز پر جو زاویہ بنتا ہے ہم اس کو آئینہ کا سہوہ کہینگے۔

جب محور کے متوازی شعاعوں کی ایک پنسل کروی آئینہ پر پڑتی ہے تو بعد انعکاس (اگر آئینہ مقعر ہو تو) مستدق ہوکر محور کے ایک نقطہ پر جمع ہو جاتی ہے اور (اگر آئینہ محدب ہو تو) اس نقطہ سے متوسع ہوکر نکلتی ہوئی نظر آتی ہے۔ یہ نقطہ آئینہ کا اصلی ماسکہ کہلاتا ہے

چھوٹے سہوہ کے کروی آئینہ کا اصلی ماسکہ اُس کے قطب اور مرکز انحنا کے مقام وسط پر واقع ہوتا ہے۔

جب مقعر آئینہ کے اصلی ماسکہ پر نور کا ایک نقطہ رکھا جاتا ہے (یعنے نہایت چھوٹے اباعد کا مبداء نور ہوتا ہے) تو بعدِ انعکاس شعاعیں محور کے متوازی چلی جاتی ہیں۔ ایسا ہی جب ایک مستدق پنسل ایک محدب آئینہ پر پڑتی ہے اور اُس کا رُخ آئینہ کے ٹھیک اصلی ماسکہ کی طرف ہوتا ہے تو انعکاس کے بعد شعاعیں محور کے متوازی چلی جاتی ہیں۔

آئینے کے محور پر جو فاصلے ناپے جاتے ہیں انکی علامتوں کے متعلق خاص قرار داد ضرور ہے۔ عام طور پر جو قرار داد مروج ہے ذیل میں اس کو درج کیا جاتا ہے۔

شکل ۳۲ ۔
مقعر اور محدب آئینے۔

(۱) تمام فاصلے آئینہ کے قطب سے ناپے جائیں۔
(۲) قطب سے جب کوئی فاصلہ مبداء نور کی طرف

ناپا جاتا ہے تو مثبت تصور کیا جائے، اور جب اس کے
مخالف سمت میں ناپا جاتا ہے تو منفی۔
پس اس قرار داد کے بموجب مقعر آئینہ کے انحنا
کا نصف قطر اور اس کا ماسکی طول مثبت مقداریں ہونگی۔
یہی مقداریں جب محدب آئینہ سے متعلق ہونگی تو منفی
ہونگی۔ دیکھو شکل (۲۸)۔
محور پر واقع دو نقطے زوجی ماسکے کہلاتے ہیں اگر
ان میں سے ایک نقطہ سے نکل کر آئینہ سے منعکس ہونے
کے بعد نور کی شعاعیں دوسرے نقطہ پر جمع ہوتی ہیں یا اس
سے پھیلتی ہوی نظر آتی ہیں۔
واضح ہے کہ یہ نقطے ایک دوسرے کے خیال
ہیں۔ ایک نقطہ دوسرے کا ہندسی خیال کہلا سکتا ہے۔

کروی آئینوں کے انحنا کے نصف قطر (ص)، ماسکی طول (م)، قطب آئینہ سے شخص کے فاصلہ (ش)، اور اسی نقطہ سے خیال کے فاصلہ (خ) میں جو باہمی تعلق ہے، مندرجہ ذیل ضابطہ سے اس کا پتہ چلتا ہے:

$$\frac{۱}{خ} + \frac{۱}{ش} = \frac{۱}{م} = \frac{۲}{ص}$$

کسی کروی سطح کا انحنا ناپنا مقصود ہو تو **اُس**
کُرہ کے **نصف قطر** کے **متکافی** سے اُسکی پیمائش

ہوسکتی ہے۔ واضح ہے کہ کُرہ کا قطر جس قدر بڑا ہوگا اس کا انحنا اسی قدر کم ہوگا۔ مناظری آلات بنانے والے انحنا کی پیمائش میں ایک خاص اکائی استعمال کرتے ہیں جو ڈائی آپٹر، کہلاتی ہے۔ ہم اس کو بصریہ کہینگے۔ اس اکائی سے مراد ایسی کروی سطح کا انحنا ہے جس کا نصف قطر ایک میتر ہو۔

پس ڈائی آپٹروں میں انحنا $= \frac{1}{\text{ص (میتر)}}$ ، جہاں (ص) = نصف قطر

$$= \frac{100}{\text{ص (سم)}} = \frac{39.37}{\text{ص (انچ)}}$$

مندرجہ ذیل جدول بغور دیکھی جائے تاکہ ڈائی آپٹروں میں انحنا کی پیمائش صاف سمجھ میں آئے:

انحنا ڈائی آپٹروں میں	١	٢	٢،٥	٣	٤	٥	١٠	٢٠	٢٥	٥٠	١٠٠
انحنا کا نصف قطر سینٹی میٹروں میں	١٠٠	٥٠	٤٠	٣٣،٣	٢٥	٢٠	١٠	٥	٤	٢	١

ایک چھوٹے دائری قوس کا انحنا قوس کے

سیگٹا یعنے عمق کا متناسب ہے۔ اگر ام ب ایک قوس اع ب کا وتر ہے تو اس وتر کی عمود وار، تنصیف کرنے والے قطر پر جو فاصلہ ع م ناپا جاتا ہے قوس کا عمق (سیگٹا) کہلاتا ہے۔

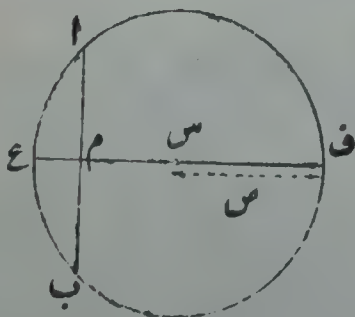
چونکہ، دائرہ کے خواص سے

$$ع م \times م ف = (م ا)^2$$

$$\therefore م ع = \frac{(م ا)^2}{م ف}$$

اگر قوس کافی چھوٹا ہے تو

$$م ع = \frac{(م ا)^2}{۲ ص} \text{ ۔ تقریباً۔}$$

جہاں (ص) سے مراد دائرہ کا نصف قطر ہے۔

پس ایک ہی وتر رکھنے والی چھوٹی قوسوں کا انحنا ان کے عمق کا متناسب ہوتا ہے۔ معمولی کرویت پیما کے ذریعہ جو چیز راست ناپی جاتی ہے یہی قوس کا عمق ہے۔ پس ایسے کرویت پیما کا بنانا جس سے کسی سطح کے انحنا

شکل ۲۹ ۔ قوس کا انحنا۔

کی، ڈائی آپٹر ول میں، راست تعین ہو کچھ مشکل بات نہیں ۔ مناظری سامان فروش اس اصول پر تیار کئے ہوئے سادے آلے استعمال کر کے عینک وغیرہ کے

عدسوں کا انحنا معلوم کر لیتے ہیں۔

فصل (۲)۔ مقعر آئینہ میں حقیقی خیال کی پیدائش۔

خیال اور شخص کا انطباق۔ اگر نور کا ایک چھوٹا اور بہت روشن مبداء ایک مقعر کروی آئینہ کے مرکز انحنا پر رکھا جائے، روشنی کی تمام شعاعیں جو آئینہ پر پڑینگی عمودوار ہونگی، اس لئے وہ سب کی سب جس راستہ جائینگی اُسی راستہ آئینہ سے منعکس ہوکر واپس لوٹینگی۔ یعنے مرکز انحنا پر واپس ہونگی۔ پس خیال مرکز انحنا ہی پر پیدا ہوگا۔ بالفاظ دیگر خیال اور شخص مرکز انحنا پر منطبق ہونگے اور خیال باعتبار شخص معکوس ہوگا۔

تجربہ عنہ ۔ مقعر آئینہ کے نصف قطر انحنا کی تعیین۔

مرکز انحنا کا موقعہ دریافت کرنے کا آسان طریقہ یہہ ہے کہ آئینہ کے سامنے ایک چھوٹی شئے (مثلاً ایک الپن) رکھی جائے اور اختلاف منظر کی مدد سے دیکھہ لیا جائے کہ کس مقام پر شخص اور خیال منطبق ہوتے ہیں۔ آئینہ کا منہ انتصابی وضع میں رکھنا ہو تو اس کو میز پر قائم کیا جاسکتا ہے، اگر افقی وضع میں رکھنا مقصود ہو تو مناسب اونچائی کی ایک تپائی پر رکھہ سکتے ہیں تاکہ تجربہ کرتے وقت اُس میں اوپر سے نیچے کی طرف دیکھہ سکیں۔ طالب علم کو چاہیئے ایک آنکھہ بند کرکے اپنا سر آئینہ کے سامنے ایسی جگہ رکھے کہ اس کی دوسری (کھلی) آنکھہ آئینہ کے وسطی مقام پر نظر آئے۔ ایسی حالت میں

آنکھ اور اس کا خیال دونوں آئینہ کے محور پر واقع ہونگے۔

اب ایک الپن لے کر اس کی نوک آئینہ کے محور پر رکھی جائے۔ نوک محور پر جب ہی واقع ہوگی کہ آنکھ کا خیال اور الپن کی نوک دونوں ایک سیدھ میں نظر آئینگے۔ الپن کی وضع جب ٹھیک طور پر ترتیب پائیگی اس کا خیال آئینہ میں الٹا نظر آئیگا (بشرطیکہ الپن آئینے سے بہت قریب نہو)۔ تمام مناظری تجربوں میں جن میں الپنوں اور ان کے خیالوں کے ذریعہ مشاہدات عمل میں آتے ہیں، پوری کامیابی اسی وقت ممکن ہے جبکہ مشاہدہ کرنے والا آئینہ (یا عدسہ) سے جس قدر دور ہٹنا ممکن ہو ہٹ کر مشاہدہ کرے، اور جو الپن بطور "شخص" استعمال ہو وہ بھی کافی دور واقع ہو۔ طالب علم کو چاہئے اس ہدایت پر ہمیشہ عمل پیرا ہو۔

الپن خیال

شکل ۳۰۔
الپن کی نوک اور اس کے خیال کا انطباق۔

اس تجربہ میں اب تک جو کچھ کیا گیا اس سے صرف الپن کی نوک اور اس کا خیال آئینہ کے محور پر قائم ہوسکے۔ دونوں میں انطباق لازم نہیں ہوا۔ اب الپن کو ہٹا کر

ایسی جگہ رکھنا چاہیئے کہ محور کی سمت میں نگاہ کو جمائے رکھکر اُسس کی نوک دیکھی جائے تو اُس کے خیال کی نوک کے ساتھ منطبق نظر آئے ۔ صحیح انطباق کے امتحان کے لئے طریقۂ اختلاف منظر سے مدد لیجائے جو کتاب کے صفحہ (۱۴۱) پر سمجھایا گیا ہے ۔

جب اختلاف منظر باقی نرہے تو الپن کی نوک آئینہ کے مرکز انحنا پر واقع ہوگی ۔ آئینہ کے قطب سے الپن کی نوک کا فاصلہ ناپ لیا جائے ۔ انحنا کا نصف قطر یہی ہے ۔

کروی سطح کا نصف قطر انحنا ڈائی آپٹروں (بصریوں) میں شمار کیا جائے ۔

نتیجہ کی صحت معلوم کرنے کے لئے کرویت پیما کے ذریعہ نصف قطر انحنا راست طور پر ناپ لیا جاسکتا ہے ۔ لیکن یہ یاد رکھنا چاہیئے کہ کرویت پیما کے ذریعہ آئینہ کے سامنے کی سطح کا انحنا ناپا جائیگا ۔ مناظری طریقہ پر جس انحنا کی پیمائش ہوئی ہے آئینہ کی عقبی سطح سے متعلق ہے ۔ بہتیرے آئینے جو مقعر کہلاتے ہیں دراصل مستدق عدسے ہیں جن کی پشت پر مستوی آئینہ کا سہارا ہوتا ہے یا جنکی عقبی سطح مفضض ہوتی ہے ۔

زوجی ماسکے ۔ جب شخص کا محل مقعر آئینہ کے اصلی ماسکہ اور مرکز انحنا کے مابین کہیں بھی ہوتا ہے خیال حقیقی اور الٹا بنتا ہے اور اُس کا فاصلہ آئینہ سے نصف قطر انحنا سے بڑا ہوتا ہے ۔ ایسا خیال پردہ پر آسکتا ہے اس لئے کہ جن شعاعوں سے اس کی پیدائش ہوتی ہے فی الحقیقت باہمدیگر متقاطع ہوتی ہیں ۔

تجربہ ۴۱۔ ایک مقعر آئینہ کے زوجی ماسکوں کی تعیین اور اس کے ماسکی طول کا شمار۔

تجربہ (۴۰) کے طریقہ سے آئینہ کے انحنا کا نصف قطر دریافت کرو۔ اصلی ماسکہ آئینہ کے قطب اور مرکز انحنا کے بیچ میں ہوگا۔ الپن کو مرکز انحنا اور اصلی ماسکہ کے مابین، مگر ابتداءً مرکز انحنا سے قریب، ایسی وضع میں رکھو کہ اس کی نوک آئینہ کے اصلی محور ہی پر واقع ہو۔ ایک حقیقی، الٹا، اور شخص سے بڑا، خیال پیدا ہوگا جو آئینہ سے مرکز انحنا کے فاصلہ سے زیادہ دور ہوگا۔

خیال کے محل کی تعیین کے لئے آنکھ کو محور ہی پر رکھ کر آئینہ سے کافی دور ہٹ جاؤ۔ الپن کا ایک معکوس خیال دکھائی دیگا۔ الپن پر کاغذ کی ایک چھوٹی جھنڈی لگادی جاسکتی ہے، اس سے خیال کے پہچاننے میں آسانی ہوگی۔

اب یک دوسرے الپن کی نوک کو آئینہ کے محور پر رکھ کر اس کے لئے طریقہ اختلاف منظر سے ایک ایسا مقام دریافت کرو کہ پہلے الپن کے ساتھ اس کا تسلسل نظر آئے۔ دوسرے الپن کا جب صحیح محل دریافت ہو جائے، جس قدر صحت کے ساتھ ناپنا ممکن ہو، آئینہ کے قطب سے پہلے الپن کا فاصلہ (مش) ناپو اور پھر دوسرے الپن کا فاصلہ (مخ)۔

شخص کے محل تین چار مرتبہ بدل بدل کر اسی تجربہ کو دوہراؤ، تجربہ میں، بہ نسبت پہلے کے، شخص کا

فاصلہ اصلی ماسکہ سے گھٹاتے جاؤ۔ دیکھو جوں جوں شخص آئینہ سے قریب ہوتا جائیگا خیال دور ہٹتا جائیگا۔
مقعر آئینہ کا ماسکی طول ذیل کے ضابطے سے شمار کیا جائے:۔

$$\frac{1}{خ} + \frac{1}{ش} = \frac{۲}{ص} = \frac{1}{م}$$

مناظری ضابطوں میں مقادیر کی علامتیں۔

آئینوں یا عدسوں کے کسی ضابطہ سے جب کبھی کام لیا جائے طالب علم کو چاہیئے اُس کی علامتوں میں تغیّر تبدّل نہ کرے۔ جو مقداریں (ش)، (خ)، (ص) وغیرہ ضابطہ میں داخل ہوں انکی قیمتیں، صفحہ (۸۲) کے قرار داد کے بموجب، صحیح علامتوں (+ یا -) کے ساتھ، ضابطہ میں بالترتیب لکھی جائیں اور پھر حسابی عمل کیا جائے۔ اگر اس ہدایت کے بموجب عمل نہ ہو تو سہو سے بچنا مشکل ہے، علی الخصوص عدسوں سے متعلق بعض پیچیدہ جملے جب استعمال ہوتے ہیں۔

فصل (۳) کروی آئینہ میں مجازی خیالکی پیدائش۔

جب محدّب آئینہ کے سامنے، یا مقعر آئینہ کے قطب اور اصلی ماسکہ کے مابین، کوئی حقیقی 'شخص' رکھا جاتا ہے تو خیال مجازی پیدا ہوتا ہے۔ انعکاس کے بعد ایسی صورتوں میں صرف شعاعوں کی سمتیں، نہ کہ خود

شعاعیں، باہمدیگر متقاطع ہوتی ہیں۔ اسی لئے مجازی خیال پردہ پر آنہیں سکتا۔

تجربہ ۳۲۔ ایک محدب آئینہ کے ماسکی طول کی تعیین، الپن کے طریقہ سے۔

طریقہ (۱)۔ محدب آئینہ کے سامنے ایک الپن کھڑا کرو۔ خیال ہمیشہ آئینہ کے عقب میں واقع ہوگا۔ اس کا محل معلوم کرنے کے لئے آئینہ کے پیچھے ایک لمبا الپن، بعد آزمائش، ایسی جگہ کھڑا کرو کہ اُس کا سر جب آئینہ کے سرے پر سے دیکھا جائے، پہلے الپن کے مجازی خیال کے ساتھ اختلاف منظر نہو۔ اگر آئینہ کا سہوہ بڑا ہوتو، کروی ضلالت، کی وجہ سے صحیح محل کی تعیین مشکل ہوتی ہے۔ بعض اوقات آئینہ کے وسطی مقام کے گرد ایک چھوٹے رقبہ پر سے، جو چاندی چڑہی ہوتی ہے، چھیل دی جاتی ہے۔ اور آئینہ کے پیچھے کے الپن کو اس شفاف حصہ میں سے دیکھ کر خیال سے منطبق کرتے ہیں۔

سامنے والے الپن کو پہلے مقام سے ہٹاکر کئی اور مناسب موقعوں پر رکھو اور انعکاس نور سے پیدا ہونے والے مجازی خیال کے محل دریافت کرو۔ جوں جوں شخص، آئینہ سے قریب ہوتا جائیگا خیال بھی ساتھ ساتھ آئینہ کے نزدیک پہنچتا جائیگا۔ ہر موقعہ کے لئے (ش) اور (خ) فاصلے ناپ لو۔

ہر ہر موقعہ کے شخص اور خیال کے فاصلوں یعنے (ش) اور (خ) کے ذریعہ، انکی صحیح علامتوں کا لحاظ کرکے،

آئینہ کے ماسکی طول کی قیمت شمار کرو۔
محدب آئینہ کا ماسکی طول دریافت کرنے کیلئے چوتھے باب میں چند اور طریقے بتائے گئے ہیں۔

تجربہ ۳۳۔ مجازی خیال کے ذریعہ مقعر آئینہ کے ماسکی طول کی تعیین۔ ایک اپن مقعر آئینہ کے سامنے قطب آئینہ اور اصلی ماسکہ کے مابین کسی مقام پر کھڑا کر کے مجازی خیال کا محل، مصرحہ بالا طریقہ سے، دریافت کرو۔ اگر آئینہ کا سہوہ بڑا نہو تو دوسرے اپن کا مقام آئینہ کے سرے پر سے دیکھ کر ٹھیک کیا جاسکتا ہے، ورنہ آئینہ کے وسطی مقام پر سے فلزی استر چھیل کر اُس کے اندر سے دیکھ سکتے ہیں۔

—(※)—

تیسرا باب

عدسے

فصل (۱) تمہیدی نظریہ

ابتدائی کتابوں میں عدسہ سے مراد انعطاف نور کا، دو سطحوں سے محدود واسطہ ہے، جن میں سے ہر ایک سطح ایک ایک کرے کا جزو ہے۔ معہذا یہ عدسے پتلے تصور ہوتے ہیں یعنے انکی سطحوں کا درمیانی فاصلہ بمقابلہ ہر ایک سطح کے نصف قطر انحنا کے چھوٹا ہوتا ہے۔ چونکہ عدسہ کی دو سطحیں ہوتی ہیں اس لئے اس کے دو مرکز انحنا اور دو نصف قطر انحنا ہوتے ہیں۔

اگر ایک سطح مستوی واقع ہو تو اس کا نصف قطر انحنا نا متناہی بڑا ہو گا۔ دونوں مرکز انحنا کو ملانے والا خط عدسہ کا محور کہلاتا ہے۔

عدسوں کی دو قسمیں سمجھی جاسکتی ہیں، ایک مدقق دوسری موسّع۔

مدقق عدسہ یا جیساکہ عام طور پر کہا جاتا ہے محدب عدسہ بیچ میں کناروں کی بہ نسبت موٹا ہوتا ہے۔

موسّع یا مقعر عدسہ بہ نسبت کناروں کے بیچ میں پتلا ہوتا ہے۔

ہر عدسہ کے دو اصلی ماسکے اور دو ماسکی طول ہوتے ہیں۔ پتلے عدسوں کے دونوں بازو جب ایک ہی واسطہ ہوتا ہے تو ان کے دونوں ماسکی طول مساوی ہوتے ہیں۔ یہاں ماسکی طول سے مراد عدسہ سے ایک اصلی ماسکہ کا فاصلہ ہے۔

اوّلی اصلی ماسکہ (نقطہ کی شکل کے) شخص کا وہ محل ہے جس کے لئے خیال کا محل لاتناہی پر ہوتا ہے یعنے جب شخص اوّلی اصلی ماسکہ پر ہوتا ہے تو شعاعیں عدسہ سے متوازی بنکر خارج ہوتی ہیں اور خیال لاتناہی پر واقع ہوتا ہے۔

ثانوی اصلی ماسکہ خیال کا محل ہے جب کہ شخص لاتناہی پر ہوتا ہے یعنے جب واقع شعاعیں متوازی ہوتی ہیں تو عدسہ سے خارج ہوکر ثانوی اصلی ماسکہ پر جمع ہوتی ہیں۔

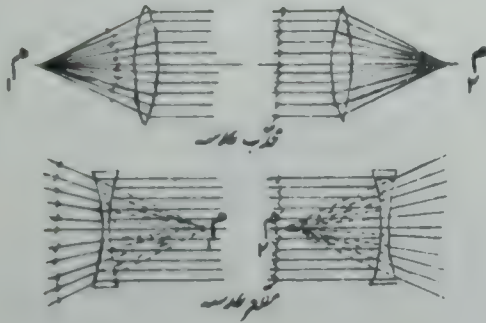
جہاں محور عدسہ سے ملتا ہے وہاں ایک مستوی محور پر عمودی کھینچا جائے تو عدسہ کا اصلی مستوی کہلاتا ہے۔ ماسکی نقطوں میں سے جو مستوی محور پر عمودی کھینچے جاتے ہیں ماسکی مستویاں کہلاتے ہیں۔ پتلے عدسہ کا مناظری مرکز وہ نقطہ ہے جہاں محور عدسہ سے ملتا ہے۔

عدسہ کے دائرئی کنارے کا قطر ایک اصلی ماسکہ پر

جو زاویہ بنائے اُس کو عدسہ کا سہوہ کہہ سکتے ہیں۔
عدسہ کا سہوہ عموماً چھوٹا ہوتا ہے۔

محدب عدسہ

مقعر عدسہ

شکل ۳۱

محدب اور مقعر عدسے

آئینوں کی طرح، عدسوں کے متعلق بہی محور کے متوازی جو فاصلے ناپے جاتے ہیں انکی علامتوں کی نسبت ایک قرار داد لازم ہے۔ عموماً یہہ طریقہ مروج ہے:-

(۱) تمام فاصلے عدسہ کے مرکز سے ناپے جائیں۔

(۲) جو فاصلے عدسہ سے مبداء نور کی سمت میں ناپے جاتے ہیں مثبت تصور ہوں، اور جو اس کے مخالف سمت میں ناپے جائیں منفی تصور ہوں۔

عدسہ کے ماسکی طول سے علی العموم عدسہ سے اُس کے ثانوی اصلی ماسکہ کا فاصلہ مراد ہے۔ مصرحہ بالا قرارداد کی بموجب محدب عدسہ کا ماسکی طول منفی اور مقعر کا

مثبت ہوتا ہے۔

اگر عدسہ کا ماسکی طول (م)، شخص کا فاصلہ عدسہ سے (ش)، اور خیال کا فاصلہ (خ) ہو تو ان کا باہمی تعلق ضابطہ ذیل میں منضبط ہے:

$$\frac{1}{خ} - \frac{1}{ش} = \frac{1}{م}$$

اگر بطور اختصار $\frac{1}{خ} = خَ$ ، $\frac{1}{ش} = شَ$ اور $\frac{1}{م} =$ مَ لکھا جائے تو مصرحۂ بالا ضابطہ اس شکل میں بدل جاتا ہے:

$$خَ - شَ = مَ$$

اس مساوات میں (شَ) عدسہ سے ٹکراتے وقت ناصیۂ موج کا انحنا ہے اور (خَ) عدسہ سے نکلتے وقت ناصیۂ موج کا انحنا۔

(مَ) جو عدسہ کے ماسکی طول کا متکافی ہے عدسہ کی **ماسکی طاقت** کہلاتی ہے۔

نور کے موجی نظریہ کے لحاظ سے اس ضابطہ کا مفہوم یہ ہے کہ عدسہ کی وجہ سے ناصیۂ موج کے انحنا میں جو تبدیلی پیدا ہوتی ہے عدسہ کی ماسکی طاقت کے مساوی ہے۔ یہ انحنا اور نیز عدسہ کی ماسکی طاقت ڈائی آپٹروں میں ناپے جاتے ہیں، جس کا صفحہ (۸۳) پر ذکر ہوا ہے۔ علمی اصطلاح میں عدسہ کی

ماسکی طاقت ایک ڈائی آپٹر اُس صورت میں سمجھی جاتی ہے جبکہ اُس کا ماسکی طول ایک میتر ہوتا ہے۔

نوٹ۔ واضح ہو کہ عینک ساز اور عینک فروش محدب عدسہ کی ماسکی طاقت کو مثبت کہتے ہیں اور مقعر عدسہ کی طاقت کو منفی۔ اور یھہ قرار داد ہماری علمی قرار داد کی عین ضد ہے۔

فصل (۲) عدسوں کے ساتھہ آسان تجربے۔

تجربہ ۳۴۔ عدسہ کی خاصیت یا نوعیت کی پہچان۔ ایک آسان لیکن ساتھہ ہی نہایت باریک امتحان محدب اور مقعر عدسوں کے امتیاز سے متعلق یھہ ہے کہ، عدسہ کو ٹھیک آنکھہ کے سامنے پکڑ کر اُس میں سے ایک دور کی شے دیکھی جائے، آنکھہ کو ساکن رکھہ کر عدسہ کو پہلے ایک بازو حرکت دیجائے اور پھر دوسرے بازو۔ اگر ایسی حالت میں وہ شے اُس سمت میں حرکت کرتی ہوی نظر آئے جو عدسہ کی حرکت کی سمت کے **مخالف** ہے تو عدسہ **محدب** ہوگا۔ اور اگر اُسی سمت میں حرکت کرتی ہوی نظر آئے تو عدسہ **مقعر** ہوگا۔

پتلے عدسوں کے لئے یھہ امتحان بہت با اثر ہے۔ اس طریقہ پر چند پتلے عدسوں کی آزمائش کرو۔ انکی نوعیت معلوم ہونے کے بعد ایک محدب عدسہ کو دوسرے مقعر عدسہ کے ساتھہ ملا کر اس طریقہ پر امتحان کر کے دیکھو آیا مجموعہ مدقق ہوتا ہے یا موسع۔

۲۰ یا ۳۰ سنتی میتر ماسکی طول کا ایک محدّب عدسہ لو اور دیکھو اس سے کیسے خیال بنتے ہیں - جب عدسہ آنکھ کے قریب ہوگا خیال سیدہا اور شے سے بڑا نظر آئیگا - اگر شے دور واقع ہو تو خیال مدّہم ہوگا، لیکن کم فاصلہ پر ہو تو واضح اور مجازی ہوگا - دور کی شے کو دیکھتے وقت اگر عدسہ آنکھ سے دور ہٹایا جائے تو خیال کی وضاحت اور زیادہ کم ہوتی جائیگی حتی کہ جب عدسہ ایک خاص فاصلہ پر پہنچے گا تو خیال اس قدر مدہم ہو جائیگا کہ اس سے شے کی شکل و شباہت وغیرہ کچھ بھی نہ معلوم ہوگی - اس کے بعد جب عدسہ آنکھ سے اور زیادہ دور پر رکھا جائیگا ایک اُلٹا خیال دکہائی دیگا - یہ خیال حقیقی ہوگا اور عدسہ اور آنکھ کے مابین کسی ایک جگہ واقع ہوگا -

اسی طرح ایک مقعر عدسہ کے ساتھ تجربہ کیا جائے جو کوئی شے دیکھی جائیگی اس کا خیال سیدہا اور چھوٹا نظر آئیگا اور مجازی ہوگا -

محدب عدسہ کے ماسکی طول کی تعیین کے طریقے

طریقہ (۱) - کسی دور کی شے کا خیال دریافت کر کے -

جب کسی دور کے مبداء نور کی شعاعیں محدب عدسہ میں سے گزرتی ہیں تو مستدق ہو کر عدسہ کے اصلی ماسکہ پر جمع ہوتی ہیں - عدسہ سے اس نقطہ کا فاصلہ عدسہ کا ماسکی طول ہے -

تجربہ ۳۵ - محدب عدسہ کے ماسکی

طول کی تعیین (۱)۔ ایسے عدسہ کے ماسکی طول کی تعیین کا آسان طریقہ یہہ ہے کہ اُس عدسہ کے ذریعہ ایک پردے پر کسی دور کی چیز کا خیال بنایا جائے۔ اگر آفتاب کی روشنی راست طور پر مہیا نہیں ہوسکتی تو دور کے کسی چراغ یا روشندان کی روشنی سے کام لیا جاسکتا ہے۔ عدسہ کو ٹھیک مقام پر ترتیب دو حتی کہ پردے پر ایک ممتاز الحدود خیال نظر آئے۔ پھر عدسہ سے پردے تک کا فاصلہ ناپ لو۔ یہہ فاصلہ عدسہ کا تقریبی ماسکی طول ہوگا۔ تجربہ میں اس بات کی اہمیت پیش نظر رہے کہ پردے پر جس چیز کا خیال بنتا ہے اُس کا فاصلہ عدسہ سے عدسہ کے ماسکی طول کی نسبت بہت بڑا ہو۔

طریقہ (۲)۔ عدسہ کے ساتھہ ایک مستوی آئینہ استعمال کرکے۔

جب کسی محدب عدسہ کے اصلی ماسکہ پر ایک منور نقطہ واقع ہوتا ہے اُس کی شعاعیں عدسہ میں سے نکل کر متوازی ہوجاتی ہیں۔ اگر ان متوازی شعاعوں پر ایک مستوی آئینہ عمودی وضع میں پکڑا جائے تو شعاعیں جس راہ سے آئی تھیں ٹھیک اُسی راہ سے واپس لوٹا دی جائینگی اور پھر عدسہ میں سے گزر کر ٹھیک اُسی نقطہ پر جمع ہوجائینگی جہاں سے وہ ابتداءً نکلی تھیں۔ یعنے منور نقطہ کا خیال منور نقطہ پر منطبق ہوجائیگا۔

اس نتیجہ کے ذریعہ ایک محدب عدسہ (یا عدسوں کے کسی ہی مدقق نظام) کے ماسکی طول کی تعیین ہوسکتی ہے۔

تجربہ ع ۳۶ ۔ محدب عدسہ کے ماسکی طول کی تعیین ۔ (۲) ایک مستوی آئینہ کے ٹکڑے کا منہ اوپر کرکے میز پر رکھو اور اُسپر عدسہ رکھو جس کا ماسکی طول دریافت کرنا مقصود ہے۔ ایک الپن کو ٹیکن کے سہارے ایسی وضع میں پکڑو کہ اُس کی نوک عدسہ کے منہ کے وسطی نقطے کے اوپر انتصاباً واقع ہو ۔ اگر الپن پر کاغذ کی ایک چھوٹی جھنڈی لگادی جائے تو اُس کے حقیقی اور اُلٹے خیال کے پہچاننے میں آسانی ہو گی ۔ مشاہدہ کرنے والے کو چاہیئے عدسہ سے جس قدر دور ممکن ہو ہٹکر معائنہ کرے ۔

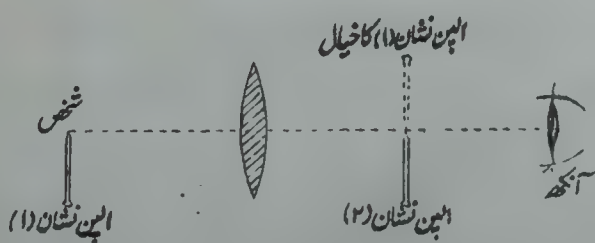
اب الپن کا مقام اس طرح ٹھیک کیا جائے کہ اُس کی نوک اور اُس کے حقیقی خیال کی نوک دونوں منطبق ہوں، یعنے دونوں میں اختلاف منظر نہ پایا جائے طریقۂ عمل بعینہٖ وہی ہے جو صفحہ (۸۶) پر مقعر آئینہ کے نصف قطر انحنا کی تعیین کے لئے سمجھایا گیا تھا۔ یہ مقام دریافت ہو جانے کے بعد الپن کا فاصلہ عدسہ کی اوپر کی سطح سے ناپ لیا جائے اور نیز اس کی نیچے کی سطح سے (یعنے آئینہ کی سطح سے) ۔ ان فاصلوں کا اوسط عدسہ کا ماسکی طول ہے ۔

عدسہ اور آئینہ کے منہ بجائے افقی وضع میں رکھنے کے انتصابی وضع میں رکھکر بھی یہی تجربہ کیا جا سکتا ہے ۔

نوٹ ۔ اس تجربہ سے متعلق یہ بات رکھنی چاہیئے کہ جب الپن عدسہ سے کافی دور ہوتا ہے اُس کا

خیال حقیقی اور الٹا بنتا ہے۔ اگر الپن نیچے اتارا جائے تو خیال غیر واضح ہوتا جاتا ہے آخر پر جب اور بھی زیادہ نیچے اتارا جاتا ہے تو خیال مجازی اور سیدھا بنتا ہے۔ محدب عدسہ اور مستوی آئینہ کے مجموعے کا عمل مقعر آئینہ کے عمل کے مشابہ ہے۔

طریقہ (۳)۔ زوجی ماسکوں کے محل دریافت کرکے

اس طریقہ میں عدسہ کے ایک جانب ایک الپن کھڑا کر دیتے ہیں تاکہ عدسہ کے دوسرے جانب اُس کا ایک حقیقی خیال پیدا ہو۔ پھر ایک دوسرے الپن کو بتدریج ہٹا کر ایسے مقام پر پہنچاتے ہیں کہ پہلے الپن کے حقیقی خیال سے منطبق ہو جائے۔

شکل (۳۲)
زوجی ماسکے

اس بات کے امکان کے لئے دو شرطوں کی تکمیل ضروری ہے۔ پہلا الپن (یعنے "شخص") عدسہ سے اُس کے ماسکی طول سے زیادہ فاصلہ پر ہونا چاہیئے۔ دونوں الپنوں کا درمیانی فاصلہ عدسہ کے ماسکی طول کے چہار چند فاصلہ سے کم نہ ہونا چاہیئے۔

تجربہ ۳۷ ۔ محدب عدسہ کے ماسکی طول کی تعیین (۳) ۔ اگر پہلا الپن عدسہ سے کافی دور ہو اور مشاہدہ کرنے والے کی آنکھ عدسہ کے محور پر، عدسہ کے دوسرے جانب اُس سے معتدبہ فاصلہ پر واقع ہو تو اس تجربہ میں کوئی دقت پیش نہیں آتی - پیشتر کی طرح "شخص" کی پہچان کے لئے اُس پر ایک جھنڈی لگادی جائے - جب الپن نشان (۱) کا الٹا خیال دکہائی دے ایک دوسرا الپن (شکل ۳۲ کا الپن نشان ۲) لیکر، طریقہ اختلاف منظر کی مدد سے اس "خیال" سے منطبق کرا دو -

جس قدر صحت کے ساتھ ناپنا ممکن ہو عدسہ سے "شخص" کا فاصلہ (ش) اور "خیال" کا فاصلہ (خ) ناپو اور ضابطہ ذیل کے ذریعہ عدسے کا ماسکی طول (م) شمار کرو :

$$\frac{1}{خ} - \frac{1}{ش} = \frac{1}{م}$$

ضابطہ میں مقادیر کی قیمتیں لکہتے وقت ان کی علامتوں کا بہی لحاظ رکہو، جیساکہ صفحہ (۸۹) پر سمجہایا گیا ہے -

"شخص" کا مقام بدل بدل کر ایسے دو اور مشاہدے کرو اور ان سے (م) کی جو جو قیمتیں شمار ہوں اُن سب کا اوسط نکالو - عدسہ کی ماسکی طاقت بہی ڈائی آپٹروں میں شمار کرو -

مقعر عدسہ کے ماسکی طول کی تعیین کے طریقے

طریقہ (۱) ۔ دور کی کسی چیز کو استعمال کر کے ۔ جب ایک بہت دور کی چیز کی شعاعیں مقعر عدسہ پر پڑتی ہیں تو اُن میں التباع پیدا ہوتا ہے اور وہ عدسہ کے اصلی ماسکہ سے نکلتی ہوی نظر آتی ہیں ۔

تجربہ (۳۸) ۔ مقعر عدسہ کے ماسکی طول کی تعیین (۱) ۔ مقعر عدسہ سے کئی میتر فاصلہ پر، ایک دریچہ میں جو بخوبی روشن ہو، قرنبیق کی ایک ٹیکن کو کھڑا کرو۔ عدسہ کو انتصابی وضع میں سہارا دیکر قائم کرو ۔ ٹیکن کا ایک سیدھا مجازی خیال دکھائی دیگا ۔ اور عدسہ کے اُسی جانب واقع ہوگا جدہر ٹیکن ہے ۔ جہاں یہ خیال دکھائی دے وہاں ایک البن استادہ کرد ۔ اختلاف منظر کے طریقہ سے یہ مقام ٹھیک دریافت ہوسکتا ہے۔ جب ٹیکن کا خیال اور البن ٹھیک منطبق ہو جائیں عدسہ سے البن کا فاصلہ اُس کا ماسکی طول ہے ۔

طریقہ (۲)۔ زوجی ماسکوں کی تعیین سے ۔ مقعر عدسے میں حقیقی 'شخص' کا 'خیال' مجازی ہوتا ہے اور عدسہ کے اُسی جانب بنتا ہے جدہر 'شخص' واقع ہوتا ہے ۔

تجربہ ۳۹ ۔ مقعر عدسہ کے ماسکی طول کی تعیین

(۲) ۔ عدسہ سے تقریباً ایک میتر پر ایک البن کھڑا کرو

اور طریقہ (۱) کی طرح ایک دوسرے الپن کے مقام کو ترتیب دیکر پہلے الپن کے خیال سے ٹھیک منطبق کرو۔ پھر عدسہ سے شخص اور خیال کے فاصلے ناپ لو۔

یہی عمل فاصلے تبدیل کرکے کئی بار دوہرایا جائے۔ اور ضابطہ ذیل میں مقادیر کی صحیح علامتیں لکھکر ماسکی طول شمار کرو:-

$$\frac{1}{خ} - \frac{1}{ش} = \frac{1}{م}$$

نوٹ۔ کروی ضلالت کی وجہ سے عدسہ میں سے جو خیال نظر آئیگا بگڑا ہوا ہوگا صحیح شکل کا نہوگا۔ اس لئے عدسہ کے سرے پر سے دیکھکر خیال کا جو مقام دریافت کیا جائیگا محض تقریبی ہوگا۔

طریقہ (۳)۔ مقعر عدسہ کے ساتھ ایک مناسب محدب عدسہ شریک کرکے۔ جب دو پتلے عدسوں کو باہمدیگر متصل رکھکر ان کا ایک مجموعہ بنایا جاتا ہے تو اس مجموعہ کی ماسکی طاقت اُس کے اجزائے ترکیبی کی ماسکی طاقتوں کے جبری مجموعے کے مساوی ہوتی ہے یعنی

$$مَ = مَ_1 + مَ_2$$

چونکہ ماسکی طاقت ماسکی طول کے عکس کی متناسب ہوتی ہے، اس لئے

$$\frac{1}{م} = \frac{1}{م_1} + \frac{1}{م_2}$$

ان ضابطوں میں م اور مَ مجموعے سے متعلق ہیں، $م_1$، $مَ_1$ مجموعے کے ایک جزو ترکیبی سے متعلق، اور

م۲ فم۲ اُس کے دوسرے جزو ترکیبی سے ۔

تجربہ ۴۰ ۔ مقعر عدسہ کے ماسکی طول کی تعیین (۳)۔ دئیے ہوئے مقعر عدسہ کے ساتھ اگر کافی طاقت کا (یعنی اُس سے چھوٹے ماسکی طول کا) ایک محدب عدسہ ملایا جائے تو مجموعہ کا عمل محدب عدسہ ہی کے مشابہ ہوتا ہے ۔ پس محدب عدسہ کے ماسکی طول کی تعیین کے جو طریقے بیان ہوے ہیں ان میں سے کسی ایک طریقہ سے اِس مجموعے کا ماسکی طول دریافت کیا جائے، پھر محدب عدسہ کا ماسکی طول دریافت کر کے متذکرۂ بالا ضابطہ کے ذریعہ مقعر عدسہ کا ماسکی طول شمار کر لیا جائے ۔

حسابی عمل میں مقادیر کی صحیح علامتیں لکھی جانی چاہئیں ۔ ہمارے قرار داد کے بموجب محدب عدسہ یا عدسوں کے مدقق مجموعے کا ماسکی طول منفی ہوتا ہے ۔

چوتھا باب

آئینوں اور عدسوں سے متعلق مزید تجربے

فصل (۱) کروی آئینہ کے انحنا کا نصف قطر

دوسرے باب میں کروی آئینہ کا نصف قطر انحنا دریافت کرنے کے چند آسان طریقے بتائے گئے تھے۔ جب حقیقی خیال کی پیدائش ہوتی ہے تو اُس کا محل، طریقۂ اختلاف منظر سے کافی صحت کے ساتھ معلوم ہو سکتا ہے۔ لیکن جب خیال مجازی ہوتا ہے نتائج چنداں صحیح نہیں ہوتے۔

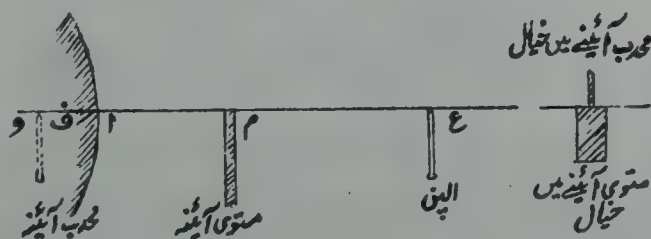
محدب آئینہ کا نصف قطر انحنا۔

طریقہ (۱) صفحہ ۹۰ پر بیان ہو چکا ہے۔

طریقہ ۲۔ ایک مستوی آئینہ کی مدد سے۔

جب ایک محدب آئینہ کے سامنے کوئی شئے رکھی جاتی ہے اُس کا خیال بالالتزام مجازی اور آئینہ کے قطب اور اُس کے اصلی ماسکہ کے مابین ہوتا ہے۔ ذیل میں جس طریقہ کی صراحت ہوی ہے اپین والے طریقہ سے زیادہ مناسب ہے۔

تجربہ (۴۱)۔ محدب آئینہ کا نصف قطر انحنا (۲)۔

محدب آئینہ کے سامنے کچھ فاصلہ پر ایک الپن کھڑا کردو۔
الپن کے پیچھے ہٹ کر آئینہ میں دیکھنے سے اُسکا مجازی
(اور قد مین چھوٹا) خیال نہایت آسانی سے نظر آئیگا۔
اب ایک مستوی آئینہ کا مستطیل ٹکڑا لیکر الپن
اور محدب آئینہ کے مابین اِس طور پر کھڑا کردو کہ
اُس کا اوپر کا کنارہ اور محدب آئینہ کی سطح کا بیچ کا
مقام دونوں ایک افقی خط پر ہوں اور اُس کا مستوی
محدب آئینہ کے محور پر عمودی واقع ہو۔ اگر اب
الپن کے پیچھے سے، پیشتر کی طرح، محدب آئینہ پر
نگاہ ڈالی جائیگی تو اُس کا صرف اوپر والا نصف حصہ
نظر آئیگا، نیچے کا نصف حصہ مستوی آئینہ سے ڈھپا ہوا
ہوگا۔ لیکن الپن کے دو خیال دکھائی دینگے، ایک
محدب آئینہ کے انعکاس سے، دوسرا مستوی آئینہ
کے انعکاس سے۔ پہلا خیال دوسرے سے چھوٹا ہوگا،
جیساکہ شکل (۳۲) کے سیدہے بازو بتایا گیا ہے۔
مستوی آئینے کو بتدریج ہٹاکر ایسے مقام پر رکھو کہ

شکل (۳۲)
محدب آئینہ کے ساتھ مستوی آئینہ کا استعمال

اِن دونوں خیالوں میں اختلاف منظر نہو۔ یعنے آنکھہ جہاں کہیں ہو محدب آئینہ سے پیدا ہونے والا خیال مستوی آئینہ سے بننے والے خیال کے ساتھہ مسلسل نظر آئے۔ محدب آئینہ والا خیال مستوی آئینہ کے خیال کے ٹھیک بیچ میں ہونا چاہیئے۔

جب ایسا ہوتا ہے، تو الپن (ع) کا جو خیال (ف) مقام (ا) پر کے محدب آئینہ سے بنتا ہے مستوی آئینہ (م) سے پیدا ہونے والے خیال سے منطبق ہوتا ہے۔ اع، ام اور مع فاصلے ناپ لو۔ پیمائش کی صحت کی تصدیق کے لئے دیکھو آیا اع = ام + مع۔ چونکہ (م) ایک مستوی آئینہ ہے اس لئے مع = مف۔

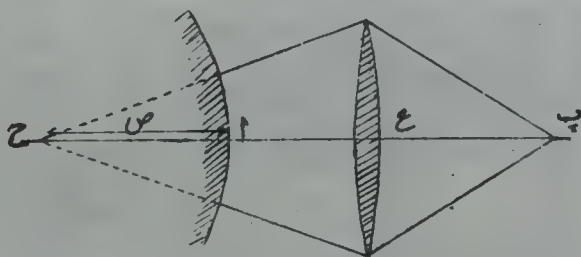
پس اف کو معلوم کرلو جو مف اور ام کا تفاوت ہے یعنے مع اور ام کا تفاوت ہے۔

اب (ش) یعنے آئینہ کے قطب سے شخص کے فاصلے کی عددی قیمت، اور (خ) یعنے اُسی نقطہ سے خیال کے فاصلہ کی عددی قیمت معلوم ہوگئی ہے لہذا ضابطہ ذیل سے آئینہ کے نصف قطر انحنا (ص) یا اُس کے ماسکی طول (م) کی قیمتیں معلوم ہوسکتی ہیں:

$$\frac{۱}{خ} + \frac{۱}{ش} = \frac{۲}{ص} = \frac{۱}{م}$$

طالب علم کو چاہیئے ان مقداروں کی صحیح علامتیں لکھے۔ الپن اور مستوی آئینہ کے محل میں تبدیلی کرکے ایسے کئی مشاہدے کئے جائیں۔

طریقہ (۳)۔ ایک محدب عدسہ استعمال کر کے۔ ایک الپن اور محدب آئینہ کے درمیان مناسب مقام پر ایک محدب عدسہ رکھکر یہ ممکن ہے کہ الپن کا ایک حقیقی خیال پیدا کیا جائے جو الپن کے ساتھ منطبق ہو۔

جب الپن کی نوک اس کے خیال کے ساتھ منطبق ہوتی ہے تو واضح ہے کہ نور کی شعاعیں محدب آئینہ پر سے ٹھیک اُسی راستے واپس ہوتی ہیں جدھر سے وہ انعکاس سے پہلے آئی تھیں۔ اس کے لئے یہ ضروری ہوگا کہ عدسہ سے نکلکر شعاعیں آئینہ پر عمودی واقع ہوں یعنے اُس کے مرکز انحنا کی طرف جائیں (دیکھو شکل ۳۴)۔ پس اگر اُس نقطہ کی تعیین ہو جائے جس پر، عدسہ سے نکلنے کے بعد، شعاعیں (آئینہ کی عدم موجودگی میں) جمع ہو جاتی ہیں تو آئینہ کا مرکز انحنا معلوم ہو جاتا ہے۔

شکل (۳۴) محدب آئینہ اور عدسہ

تجربہ ۴۲۔ محدب آئینہ کا نصف قطر انحنا (۳)۔

محدب آئینہ کے سامنے کچھ فاصلہ پر ایک الپن کھڑا کرو۔ اور دالپن اور آئینہ کے درمیان ایک محدب عدسہ اس طرح رکھو کہ اُس کا اور آئینہ کا محور دونوں ایک خط پر ہوں۔ عدسہ اور (بصورت ضرورت) الپن کے محل کو ٹھیک کرنے سے الپن کا ایک حقیقی اور اُلٹا خیال پیدا ہوگا جس کو خود الپن کے ساتھ منطبق کر سکتے ہیں۔ اختلاف منظر کے طریقہ سے انطباق کی آزمائش ہوسکتی ہے۔ عدسہ اور آئینہ کا درمیانی فاصلہ ع آ ناپ لیا جاوے۔ اب آئینہ کو اس کی جگہ سے بالکلیہ اٹھالو لیکن اس کی احتیاط رہے کہ عدسہ اور الپن کو ان کے مقاموں سے ذرا بھی نہ ہٹایا جائے۔ پھر ایک دوسرا الپن لو اور اُس کو پہلے الپن کے خیال سے منطبق کرو جو عدسہ سے پیدا ہوتا ہے۔ انطباق کی آزمائش اختلاف منظر کے طریقہ سے کیجائے۔ پھر عدسہ اور اس دوسرے الپن کا درمیانی فاصلہ ع ح ناپ لیا جائے۔ چونکہ یہ الپن اب اسی جگہ واقع ہے جہاں پہلے محدب آئینہ کا مرکز انحنا تھا اس لئے

آئینہ کا نصف قطر انحنا (ص) = ع ح - ع آ

نوٹ۔ اس تجربہ میں ایک مناسب ماسکی طول کا عدسہ چاہیئے۔ ع ح کا طول آئینہ کے نصف قطر سے بڑا ہونا چاہیئے۔ اور پ ح عدسہ کے ماسکی طول کے چہار چند سے زاید۔

ان تمام تجربوں کے نتایج، کرویت پیما کے ذریعہ سے آئینہ کے نصف قطر انحنا کی راست پیمائش کرکے، مقابلہ کئے جائیں۔ لیکن یہ یاد رکھنا چاہیئے کہ کرویت پیما سے شیشہ کے آئینہ کی سامنے والی سطح کا نصف قطر انحنا ناپا جاتا ہے اور جو مناظری طریقے بیان ہوے ہیں ان سے اس کی عقبی سطح کا ظاہری نصف قطر۔ سطح کا انحنا ڈائی آپٹروں میں بھی شمار کرلیا جائے۔

تجربہ ۴۳۔ مقعر یا محدب آئینہ کا نصف قطر انحنا ٹرن ٹیبل (گردشی میز) کے ذریعہ۔ ایک انتصابی محور پر گھومنے والی ہموار میز کے ذریعہ سے ایسے آئینوں کا نصف قطر انحنا باسانی دریافت ہوسکتا ہے۔ آئینہ کو میز پر ایسی وضع میں رکھتے ہیں کہ اس کا محور میز کے متوازی ہوتا ہے۔ آئینہ کے قطب پر سیاہی کا ایک چھوٹا سا داغ یا لائیکوپوڈیم کا ذرہ لگا دیتے ہیں اور اس کو ایک کم طاقت کی دوربین میں سے دیکھتے ہیں۔ میز پر آئینہ کا مقام بدلتے جاتے ہیں یہانتک کہ اس کے لئے ایک ایسا مقام ہاتھ آتا ہے کہ میز کی گردش سے داغ یا ذرہ حرکت کرتا ہوا نظر نہیں آتا۔ پس واضح ہے کہ ایسی حالت میں ذرہ اس محور پر واقع ہے جس کے گرد میز گردش کرتی ہے۔

اب دوربین کو پھیر کر کسی دور کی شے کے

خیال کو جو آئینہ کے انعکاس سے پیدا ہو دیکھتے ہیں اور مکرر آئینہ کا مقام میز پر تبدیل کیا جاتا ہے حتیٰ کہ میز کی گردش سے اس شے کے خیال میں کوئی حرکت نہیں محسوس ہوتی - یہ بات جب ہی عمل میں آئیگی کہ آئینہ کا مرکز انحنا گردشی میز کے محور تحویل پر ہوگا - کیونکہ ایسی حالت میں آئینہ کی گردش کا اثر صرف یہی ہوگا کہ اس کی کروی سطح کے ایک حصہ کے بجائے اس کا ایک دوسرا حصہ سامنے آجائیگا جس کی وجہ سے منعکس خیال کے مقام میں تبدیلی نہوگی -

آئینہ کے لئے میز پر پہلے جو مقام دریافت ہوا ہے ان دونوں کا درمیانی فاصلہ ناپ لیا جائے - یہ فاصلہ آئینہ کے نصف قطر انحنا کے مساوی ہوگا -

فصل ۲ - عدسہ کا ماسکی طول

دوربین یا رینج فائنڈر کے طریقہ سے عدسونکا امتحان

جو طریقہ اسوقت بیان کیا جاتا ہے اس سے عدسہ کے ماسکی طول کی نہایت صحت کے ساتھ تعیین ہوسکتی ہے - اس میں ایک خاص دلچسپ بات یہ ہے کہ عدسہ خواہ محدب ہو یا مقعر اس کے اصلی ماسکہ کا واقعی محل دریافت ہوجاتا ہے -

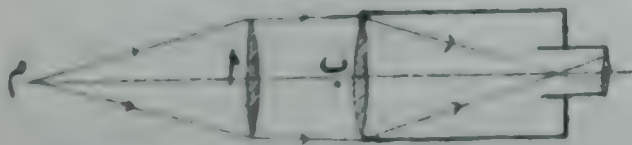
واضح ہو کہ جب نور کی شعاعیں محدب عدسہ کے اولی اصلی ماسکہ سے نکلتی ہیں تو عدسہ میں سے گزر کر ایک متوازی پنسل بن جاتی ہیں (شکل ۱۳۱) -

جب متوازی شعاعوں کی پنسل مقعر عدسہ میں سے گزرتی ہے تو متسع ہو جاتی ہے اور ایک نقطہ سے آتی ہوی دکہائی دیتی ہے جو عدسہ کا اصلی ماسکہ ہے (شکل ۳۱)۔

جب عدسہ پتلا ہوتا ہے تو عدسہ اور اصلی ماسکہ کا درمیانی فاصلہ اس کا ماسکی طول کہلاتا ہے۔

ان تجربوں میں جن چیزوں کی ضرورت ہوگی شیکنجے میں پکڑی ہوی تیز نوک کی ایک سوئی ہے اور کثیر تکبیری طاقت کے چشمہ کی ایک دوربین ہے

تجربہ ۴۲ ۔ محدب عدسہ کے ماسکی طول کی تعیین

کی تعیین۔ دوربین کو ترتیب دو کہ متوازی شعاعوں کی پنسل ماسکہ پر آئے۔ اگر دوربین صلیبی تاروں سے مہیا ہے تو چشمہ کو ٹہیک کر کے ماسکہ پر لاؤ

شکل ۳۵

دوربین کے ذریعہ سے ماسکی طولنکی تعیین

حتی کہ صلیبی تار صاف اور واضح نظر آئیں۔ پھر دوربین کو

(دریچہ کے باہر کے) کسی دور کی چیز کے دیکھنے کے لئے ماسکہ پر لاؤ، اس طرح پر کہ صلیبی تاروں پر اس دور کی چیز کا جو خیال بنتا ہے اس میں اور خود صلیبی تاروں میں ذرا بھی اختلاف منظر نہو۔ جب دوربین ایک مرتبہ اس طور پر ترتیب پالے دوران تجربہ اُس کو ذرا بھی نہ چھیڑا جائے۔

دوربین کے محور کو متوازی رکھکر اُس کو میز پر قائم کرو۔ جس محدب عدسہ کے ماسکی طول کی تعیین مقصود ہے اس کو دوربین کے دہانہ کے سامنے کھڑا کرو، لیکن احتیاط رہے کہ عدسہ کا مرکز دوربین کے محور پر واقع ہو۔ پھر سوئی کو ٹیکن پر اُسی بلندی پر رکھو جس پر عدسہ کا مرکز ہے، اور عدسہ کے سامنے حسب ضرورت ہٹاکر دیکھو کہ اس کا خیال دوربین کے میدان نظر میں صاف نظر آتا ہے۔

سوئی کی نوک کا واضح ترین خیال ٹھیک میدان نظر کے بیچ میں نظر آنا چاہیئے اور اس خیال اور دوربین کے صلیبی تاروں میں اختلاف منظر نہونا چاہیئے۔ ایسی حالت میں سوئی کی نوک ٹھیک عدسہ کے اصلی ماسکہ پر واقع ہوگی۔ کیونکہ دوربین قبل از قبل متوازی شعاعوں کے لئے ماسکہ پر لائی گئی تھی اس لئے اب اُس کے دہانہ پر جو پنسل واقع ہے متوازی ہے، ورنہ سوئی کا خیال صاف نہ دکھائی دیتا۔ سوئی کی نوک اور

عدسہ کا درمیانی فاصلہ آم ناپ لیا جائے ، محدب عدسہ کا ماسکی طول یہی ہے۔

تجربہ ۴۵۔ مقعر عدسہ کے ماسکی طول کی تعیین۔

اس تجربہ میں مقعر عدسہ کا ماسکی طول محدب عدسہ کے ماسکی طول سے کم ہونا چاہیئے۔ پہلے تجربہ (۴۴) کیطرح محدب عدسہ (ا) کا اصلی ماسکہ (م) دریافت کرلیا جائے۔ پھر مقعر عدسہ (ج) کے لئے (ا) اور (م) کے مابین ایسا مقام دریافت کیا جائے کہ دوربین سے دیکھنے سے دور کی چیزیں صاف اور واضح نظر آنے لگیں۔ جب اس مقام کی تعیین ہو جائیگی تو ظاہر ہے (م) مقعر عدسہ کا بھی اصلی ماسکہ ہے۔ کیونکہ دور کی چیز سے جو متوازی شعاعیں مقعر عدسہ (ج) میں داخل ہونگی اس کے اصلی ماسکہ سے پھیلتی ہوی خارج ہونگی اور اس کے بعد جب وہ محدب عدسہ میں داخل ہونگی تو نکلتی ہوی متوازی ہو جائینگی۔ یہہ جبہی ممکن ہے کہ (م) مقعر اور محدب دونوں عدسوں کا اصلی ماسکہ ہو۔ شکل (۳۵) میں شعاعوں کے راستے بتائے گئے ہیں۔ ان سے اس تجربہ کی ساری کیفیت معلوم ہو جائیگی۔ فاصلہ جم ناپ لیا جائے۔ یہہ مقعر عدسہ کا ماسکی طول ہے۔

اس تجربہ میں نقطہ (م) کا محل دریافت کرنے کے لئے سوئی کی نوک استعمال کرنے کی ضرورت نہیں اس کے عوض مقعر عدسہ کی سطح پر کے کسی نشان یا نقطہ سے کام لیا جاسکتا ہے۔ یعنے مقعر عدسہ کو

ایسے مقام پر رکھیں کہ یہ نشان صاف طور پر ماسک پر آجائے۔ ایسی صورت میں یہ نشان (م) پر واقع ہوگا اس کے بعد فاصلہ ج م مقعر عدسہ کے سابقہ مقام اور بعد کے مقام کا درمیانی فاصلہ ناپ لیا جائے۔

اس تجربہ کے موزوں عدسوں کا انتخاب آسانی سے ہوسکتا ہے۔ جب ان کو متصل رکھہ کر دیکھینگے تو مجموعہ موسّع ہوگا۔

فصل (۳)۔انعطاف نماؤں کی تعیین

تجربہ ۴۶۔ مقعر آئینہ کے ذریعہ کسی قلیل مقدار مائع کے انعطاف نما کی تعیین۔ مناسب بلندی پر مقعر آئینہ کا منہہ اوپر کرکے افقی وضع میں رکھو تاکہ اوپر سے اُس پر نگاہ ڈالی جاسکے۔ ایک الپن لے کر آئینہ کے اوپر اس کو ایسی جگہ پکڑو کہ اُس کا خیال اُس کے ساتھ منطبق ہو جائے۔ اس محل کی تعیین کا طریقہ صفحہ (۸۶) پر سمجھا دیا گیا ہے۔ یہ محل آئینہ کا مرکز ہے۔ قطب آئینہ سے اُس کا فاصلہ ناپ لیا جائے۔

جس مائع کا انعطاف نما مقصود ہے اُس کی قلیل مقدار آئینہ پر ڈالدی جائے تاکہ ۵ء۱۰ سنتی میٹر قطر کی مائع کی ایک پتلی جھلی آئینہ کے وسطی حصہ پر پھیل جائے۔ اس کے بعد الپن کو ہٹاکر مکرر اس کے لئے ایسا محل ڈہونڈا جائے جہاں وہ اپنے خیال کے ساتھ منطبق ہو، اور اُس کا فاصلہ آئینہ کے قطب سے

ناپ لیا جائے۔ پہلے فاصلہ کو دوسرے پر تقسیم کرنے سے مائع کا انعطاف نما معلوم ہو جاتا ہے۔

شکل (۳۶) سے اس کی تصدیق ہوتی ہے۔ فرض کرو مائع ڈالنے سے پہلے الپن کا محل (ج) تحقیق ہوا اور مائع ڈالنے کے بعد (ع)۔ تو (ج) آئینہ کا مرکز انحنا ہے اور شعاع ع س نقطہ (ع) سے نکل کر مائع کی سطح سے (س) کے پاس ملتی ہے اور بعد انعطاف آئینہ سے

شکل ۳۶

مقعر آئینہ کے ذریعہ مائع کا انعطاف نما

(ص) کے پاس ٹکراتی ہے اور چونکہ جس راستہ سے آئی تھی اسی راستہ واپس ہوتی ہے اس لئے س ص کی سمت آئینہ پر عمودی ہے۔ پس اس کو آگے کی طرف بڑھائیں تو آئینہ کے مرکز انحنا (ج) میں سے گزریگی۔

ع س ن زاویہ وقوع $\hat{و}$ ہے جو س ع ا کے مساوی ہے۔ ص س نَ زاویہ انعطاف $\hat{ط}$ ہے جو س ج ا کے مساوی ہے۔

$$\text{پس } م = \frac{\text{جب } \hat{و}}{\text{جب } \hat{ط}} = \frac{\text{جب (س ا ع)}}{\text{جب (س ج ا)}} = \frac{\frac{\text{س ب}}{\text{س ع}}}{\frac{\text{س ب}}{\text{س ج}}} = \frac{\text{س ج}}{\text{س ع}}$$

جب زاویہ وقوع کافی چھوٹا ہوتا ہے تو $\frac{\text{س ا ج}}{\text{س ا ع}}$ بغیر کسی غلطی کے اندیشہ کے $\frac{\text{ا ج}}{\text{ا ع}}$ کے مساوی سمجھا جاسکتا ہے (بشرطیکہ مائع کا عمق قلیل ہو)

عدسہ کے مادّے کے انعطاف نما کی تعیین

عدسہ کا ماسکی طول (م)، اس کے مادّے کے انعطاف نما (مر) اور اس کی دونوں سطحوں کے نصف قطر انحناء $ص_1$ اور $ص_2$ کے تابع ہے۔ چنانچہ ضابطہ ذیل سے انکا ربط ظاہر ہے۔

$$\frac{1}{م} = (مر - 1)\left(\frac{1}{ص_1} - \frac{1}{ص_2}\right)$$

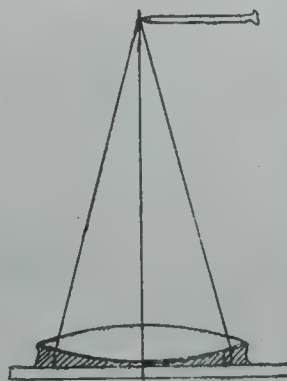
پس اگر تجربہ سے م، $ص_1$ اور $ص_2$ کی قیمتیں دریافت کرلی جائیں تو مر کی قیمت شمار کرلی جاسکتی ہے۔

تجربہ ۴۷۔ عدسہ کے مادّے کے انعطاف نما کی تعیین۔ اب تک جو طریقے بیان ہوے ہیں ان میں سے کسی ایک کے ذریعہ سے عدسہ کا ماسکی طول دریافت کیا جاسکتا ہے۔ لیکن اگر عدسہ محدب ہو تو موجودہ تجربہ کے لئے البن والا طریقہ (۳)، جس کی صراحت صفحہ (۱۰۰) پر ہوی ہے، استعمال ہوسکتا ہے۔

نصف قطر $ص_1$ اور $ص_2$، عدسہ کی سطحوں کو کروی آئینوں کے جزو تصور کرکے، کسی مناظری طریقہ سے

معلوم کر لئے جاسکتے ہیں ۔ (ملاحظہ ہوں صفحات ۸۵ اور ۱۰۵) ۔ بعض اوقات کرویت پیما کے ذریعہ انکی تعیین زیادہ آسان ہوتی ہے ۔ بہر حال ضابطہ متذکرۂ بالا میں م، ص۱ اور ص۲ کی صحیح علامتیں درج کیجانی چاہئیں ۔

اگر کوئی مائع کم مقدار میں مل سکتا ہے تو اُس کو عدسہ کی شکل میں استعمال کرکے اس تجربہ سے اُس کا انعطاف نما دریافت کیا جاسکتا ہے ۔

تجربہ ۴۸ ۔ عدسہ اور مستوی آئینہ کے ذریعہ، ایک مائع کے انعطاف نما کی تعیین ۔ ایک ایسا محدب عدسہ لو جس کا ماسکی طول ۱۰ اور ۱۵ سنتی میٹر کے مابین ہو ۔ اور اُس کو ایک مستوی افقی آئینہ پر رکھکر ایسے نقطہ کی تلاش کرو کہ جب اسپیر ایک الپن کی نوک واقع ہو تو نوک اور اُس کا حقیقی خیال دونوں باہمدیگر منطبق ہو جائیں ۔ عدسہ کے وسطی نقطہ سے الپن کی نوک کا فاصلہ عدسہ کے ماسکی طول (م) کے مساوی ہوگا ۔ (ملاحظہ (۲) صفحہ ۹۸) ۔ اب عدسہ کی نیچے والی سطح اور آئینہ کے

شکل ۳۷
عدسہ اور مستوی آئینہ کے ذریعہ مائع کا انعطاف نما

بیچ میں تھوڑا سا دیا ہوا مائع رکھدو۔ اس سے مائع
کا ایک مستوی مقعر عدسہ تیار ہو جائیگا جسکی اوپر
والی سطح کا نصف قطر انحنا (ص) اور شیشہ کے عدسہ
کی نیچے والی سطح کا نصف قطر دونوں ایک ہونگے۔
اگر اس مائی عدسہ کا ماسکی طول م_1 مانا
جائے تو

$$\frac{1}{\text{م}_1} = (\text{ھ}_1 - 1)\frac{1}{\text{ص}}$$

جس میں (ھ) سے مراد مائع کا انعطاف نما ہے۔
اب اپین کے ذریعہ سے شیشہ اور مائع کے مرکب
عدسہ کا ماسکی طول دریافت کرلو۔ اگر اس کو م_2
قرار دیا جائے تو

$$\frac{1}{\text{م}_2} = \frac{1}{\text{م}} + \frac{1}{\text{م}_1} \quad \text{یا} \quad \frac{1}{\text{م}_1} = \frac{1}{\text{م}_2} - \frac{1}{\text{م}}$$

اس ضابطہ سے م_1 شمار کرلیا جاسکتا ہے۔ اس کو
اس سے پیشتر کے ضابطہ میں استعمال کرکے ھ_1 کی
تعیین ہوسکتی ہے۔ نصف قطر انحنا (ص) کرویت پیما
کے ذریعہ ناپ لیا جاسکتا ہے۔

نصف قطر انحنا (ص) معلوم کئے بغیر مصرحہ بالا طریقہ سے
دو یا دو سے زاید مائعات کے انعطاف نماؤں کا مقابلہ
کیا جاسکتا ہے۔ فرض کرو کسی دوسرے مائع کا انعطاف
نما ($\text{ھ}_\text{ب}$) ہے۔ جب اس کو پہلے مائع کے عوض
استعمال کرتے ہیں تو

$$\frac{1}{\text{م}_\text{ب}} = (\text{ھ}_\text{ب} - 1)\frac{1}{\text{ص}} \text{، اور } \frac{1}{\text{م}_\text{ب}} = \frac{1}{\text{م}_{\text{اب}}} - \frac{1}{\text{م}}$$

$$\text{پس}\quad \frac{ص_{ا} - 1}{ص_{ب} - 1} = \frac{\frac{1}{م_{ا}}}{\frac{1}{م_{ب}}}$$

$$= \frac{\frac{1}{م_{ا}} - \frac{1}{م}}{\frac{1}{م_{ب}} - \frac{1}{م}}$$

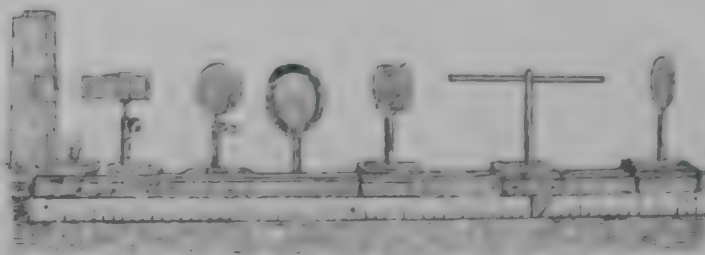
لہذا اگر مصرحہ بالا طریقے سے م، $م_{ا}$، $م_{ب}$ ناپ لئے جائیں تو ان دونوں مائعات کے انعطاف نماؤں کا مقابلہ ہوسکتا ہے۔ اگر ایک مائع کا انعطاف نما معلوم ہو گیا تو دوسرے کا بھی دریافت ہو جاتا ہے۔

تجربہ ۴۹۔ دو مائعوں کے انعطاف نماؤں کا مقابلہ، عدسہ اور مستوی آئینہ کے ذریعہ سے۔ اس تجربہ میں بطور ایک مائع کے پانی (ص = ۱٫۳۳۳) لیا جاسکتا ہے۔ اور دوسرا مائع گلسرین یا انیلین۔ تجربہ (۴۸) کے طریقہ سے ماسکی طول م، $م_{ا}$ اور $م_{ب}$ ناپ لئے جائیں، پھر $\frac{1}{م_{ا}}$، $\frac{1}{م_{ب}}$ اور دوسرے مائع کا انعطاف نما شمار کر لئے جائیں۔

پانچواں باب

مناظری تختہ

فصل (۱) مناظری تختہ کی تعمیر

جب آئینوں، عدسوں یا کسی اور مناظری آلات سے متعلق صحت کے ساتھ کوئی پیمائش کرنا ہوتا ہے تو مناظری تختہ استعمال کرتے ہیں۔ ملاحظہ ہو شکل (۳۸)۔ یہ ایک سیدھا لمبا، خراد کے پرت کی طرح قائد سے آراستہ، تختہ ہوتا ہے، جسپر کئی ٹیکنیں ہوتی ہیں تاکہ مناظری سامان وغیرہ کو ان سے سہارا ملے۔ ٹیکنوں کو سرکانے سے مناظری آلات کو تختہ کے طول ہی کی سمت میں حرکت ہوتی ہے۔ عرضی حرکت مسدود کردی جاتی ہے۔

شکل ۳۸
مناظری تختہ

بعض صورتوں میں عرضی حرکت کے لئے بھی رعایت رکھی جاتی ہے۔ تختہ پر ایک درجہ دار پیمانہ نصب کیا جاتا ہے تاکہ اُس کی کسی دو ٹیکنوں (مثلاً آئینہ اور اُس سے پیدا ہونے والے خیال کو قبول کرنے والے پردہ کی ٹیکنوں) کا درمیانی فاصلہ ناپا جا سکے۔ اس فاصلہ کی پیمائش کے لئے ایک معلوم طول کی سلاخ ایک مناسب ٹیکن پر سہاری جاتی ہے جو مثل اور ٹیکنوں کے مناظری تختہ پر حرکت کرتی ہے۔ سلاخ کی ٹیکن کو سرکا کر ایسی جگہ پر رکھتے ہیں کہ سلاخ کا ایک سرا (ا) ایک چیز (شخص یا آئینہ وغیرہ) کو چھو لیتا ہے، تب ٹیکن کا مقام پڑھ لیا جاتا ہے۔ پھر اُس کو ہٹا کر دوسری چیز کے پاس لے جاتے ہیں۔ جب سلاخ کا دوسرا سرا (ب) اُس چیز کو چھوتا ہے تو ٹیکن کا مقام مکرر دیکھ لیا جاتا ہے۔ ٹیکن کے ان دونوں مقاموں یا نشانوں کے تفاوت میں (یعنی ان کے درمیانی فاصلہ میں) سلاخ کا معلوم طول اضافہ کرنے سے مقررہ دو مناظری چیزوں کا درمیانی فاصلہ دریافت ہو جاتا ہے۔

بعض صورتوں میں اس میں زیادہ آسانی ہوتی ہے کہ سلاخ کے ایک ہی سرے (ا) کا باری باری سے دونوں چیزوں سے تماس کرایا جائے۔ سلاخ کی ٹیکن کے ان دو وضعوں کے نشانوں کا تفاوت دی ہوئی دو مناظری چیزوں کا درمیانی فاصلہ ہے۔

مناظری تختہ کے ذریعہ آئینوں اور عدسوں کے ساتھ جو تجربے کئے جاتے ہیں ان میں بالعموم سفید

پردہ پر کسی "شخص" کا حقیقی خیال پیدا کیا جاتا ہے۔ "شخص" بشکل تاروں کی جالی کے چھوٹے ٹکڑے کے، یا ایک چھوٹے دائری سوراخ پر تانے ہوئے صلیبی تار کے، استعمال ہوسکتا ہے۔ اُس کے پیچھے نور کا کوئی تیز مبداء رکھا جاتا ہے تاکہ وہ کافی روشن ہو۔ برقی تار کا کوئی چھوٹا چراغ اگر ایک کم ماسکی طول کے عدسہ کے پیچھے ٹیکن پر رکھا جائے تو زیادہ موروں ہوگا، اس لئے کہ اُس سے مناظری تختہ کے محور کی سمت میں نور کی ایک تقریباً متوازی پنسل ترتیب دی جا سکتی ہے۔

مناظری تختہ کے تجربوں میں یہ نہایت ضروری ہے کہ تمام مناظری اشیاء، یعنے عدسے اور آئینے وغیرہ ایک ہی محور پر واقع ہوں، جو تختہ کے محور کے متوازی ہو۔

فصل ۳ مناظری تختہ کے ساتھ تجربے۔

تجربہ (۵۰)۔ مناظری تختہ۔ مقعر آئینے کے ماسکی طول اور اس کے نصف قطر انحنا کی تعیین۔ مناظری تختہ پر آئینہ کو اُس کی ٹیکن میں جماکر اس طرح رکھو کہ اُس کا منہ جالی کی طرف ہو۔ جالی کو چراغ سلگھاکر روشن کرو۔ اور اُن کے اور آئینہ کے درمیان ایک پردہ رکھو جس کے بیچ میں ایک چھوٹا سوراخ ہو۔

پھر جالی اور پردہ کو ترتیب دو تاکہ جالی میں سے نور کی
جو پنسل آتی ہے پردہ کے سوراخ میں سے گزر کر آیئنہ
سے ٹکرائے۔ اس کے لئے ضرور ہوگا کہ مبداء نور
(یعنے چراغ)، جالی کا وسطی حصہ، پردہ کے سوراخ کا
مرکز اور آیئنہ کا قطب سب ایک خط مستقیم پر واقع
ہوں۔

آئینہ کا محل تبدیل کرکے آزمانے سے اس کے لئے
ایک ایسا موقعہ دریافت ہوگا جہاں سے وہ پنسل کو
منعکس کرکے پردہ پر سوراخ کے بازو ایک واضح
خیال بنادیگا۔

جب خیال پردہ پر ٹھیک ماسکہ پر آئے پیمائش کی
سلاخ کے ذریعہ آیئنہ سے شخص تک کا فاصلہ (ش)
ناپو اور پھر آئینہ سے خیال کا فاصلہ (خ)۔ ان فاصلوں
(ش) اور (خ) کی قیمتیں صحیح علامتوں کے ساتھ
لکھکر آیئنہ کا نصف قطر انحنا (ص) اور ماسکی طول
(م) ضابطہ ذیل کے ذریعہ شمار کرو۔

$$\frac{۱}{\text{خ}} + \frac{۱}{\text{ش}} = \frac{۲}{\text{ص}} = \frac{۱}{\text{م}}$$

پردے کو ہٹاکر کم از کم تین اور مقام پر رکھو اور یہی
مشاہدہ دوہراؤ۔

آخر میں، پردہ کے سوراخ پر ایک باریک تار کو
تان کر آیئنہ کو ایسے مقام پر لیجاؤ کہ اس سے تار کا،
پردہ پر، واضح خیال بن جائے۔ آیئنہ کو انتصابی محور
پر خفیف سا پھیرنے سے خیال سوراخ کے متصل

آجائیگا - اِس موقعہ پر ص = ج، پس ص = ش یا
م = ص/۲ - نتائج جدول کی شکل میں لکھہ لئے جائیں -
شکل کہینچ کر، شعاعوں کی ایک پنسل بتائی جائے
جو مقعر آئینہ سے حقیقی خیال بناتی ہے -

تجربہ عا۵ - مناظری تختہ - محدب عدسہ کے
ماسکی طول کی تعیین - مناظری تختہ پر عدسہ کو اُس کی
ٹیکن میں جماکر منوّر جالی اور پردہ کے درمیان رکھو -
عدسہ کی بلندی کو ٹھیک کرو تاکہ اُس کا محور 'شخص'
یعنے جالی کے مرکز میں سے گزرے - اگر پردہ اور عدسہ
کا مقام ٹھیک ترتیب دیا جائے تو پردہ پر جالی کا
واضح خیال اتر آئیگا -

مقام کی ترتیب کے لئے دو باتین ذہن میں
رکھنی چاہئیں :-

(۱) عدسہ سے حقیقی خیال (نہ کہ مجازی) پیدا
ہونے کے لئے، عدسہ سے شخص کا فاصلہ ماسکی
طول سے بڑہکر ہونا چاہیئے - اس لئے یہ ضرور
ہے کہ جالی سے عدسہ کسیقدر دور رکھا جائے -

(۲) پردہ پر حقیقی خیال اُسی صورت میں بن سکتا
ہے جبکہ 'شخص' اور پردہ کے مابین فاصلہ کم از کم
ماسکی طول کا چوگنا ہوتا ہے - پس پردہ کو ابتدا
عدسہ سے کافی دور رکھہ کر بتدریج فاصلہ گھٹایا
جائے یہاں تک کہ بالآخر خیال صاف طور پر
ماسکہ پر آجائے -

طریقہ (۱)۔ فرض کرو

ش = عدسہ کا فاصلہ شخص سے
خ = ״ ״ خیال سے
مٙ = ״ ״ ״ کا ماسکی طول

صفحہ ۹۵ سے $\frac{۱}{خ} - \frac{۱}{ش} = \frac{۱}{م}$ یا خَ ۔ شَ = مَ

پس اگر (ش) اور (خ) ناپ لئے جائیں تو ماسکی طول (م) شمار ہو جاتا ہے۔
پیمائشی سلاخ کی ٹیکن کو سرکا کر اُس کے ذریعہ فاصلے (ش) اور (خ) ناپ لئے جائیں اور (مَ) اور (م) شمار کر لئے جائیں ۔لیکن یھہ یاد رہے کہ حسابی عمل میں ش، اور خ، کی عددی قیمتوں کی صحیح علامتیں لی جائیں ۔
یہی مشاہدات، کم از کم تین اور جداگانہ وضعوں کے ساتھہ، دوہرائے جائیں ۔ اور نتائج جدول کی شکل میں اس طرح لکھے جائیں :۔

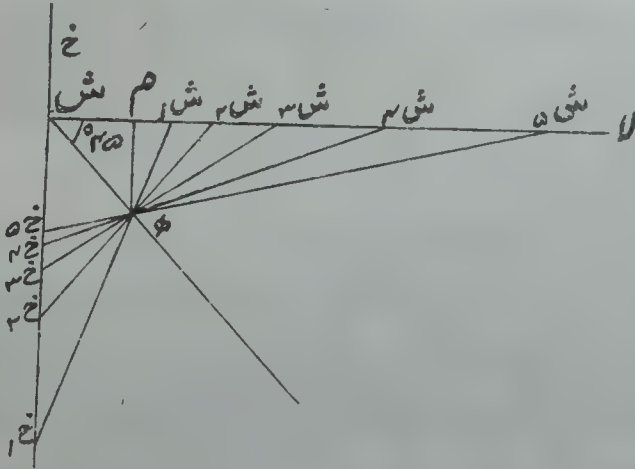
ش	خ	شَ	خَ	مَ	م

جدول سے (م) کی اوسط قیمت شمار کیجائے اور پھر ماسکی طاقت بھرئیوں (ڈائی آپٹروں) میں بتائی جائے۔

ایک شکل بھی کھینچی جائے جس میں محدب عدسہ سے گزر کر حقیقی خیال پیدا کرنے والی شعاعوں کے راستوں کی صراحت کیجائے۔

ایک ترسیمی عمل۔ سرہاورڈ گرب کے نام کے ساتھ ایک دلچسپ ترسیمی عمل عدسہ کے ماسکی طول کی تعیین سے متعلق مشہور ہے۔ دو محور کھینچے جائیں جو باہمدیگر عمود ہوں۔ ایک محور پر (ش) کی قیمتیں ظاہر کی جائیں اور دوسرے پر انکی متعلقہ (خ) کی قیمتیں۔ چونکہ محدب عدسہ کے اس تجربہ میں (خ) کی قیمتیں منفی ہیں جس محور پر (خ) ناپا جائیگا نیچے کیطرف کھینچا جاتا ہے۔ محوروں پر (ش) اور (خ) کے ایک ہی مشاہدہ سے متعلق جو نقطے ہونگے ان کو خط مستقیم کھینچ کر اگر ملایا جائے تو تمام مشاہدوں کے خطوط (بشرطیکہ تجربہ اور ترسیمی عمل کافی صحت کے ساتھہ ترتیب پائے ہوں) ایک ہی نقطہ پر متقاطع ہونگے۔ اس نقطہ کا فاصلہ دونوں محوروں سے ماسکی طول (م) کے مساوی ہوگا۔ شکل (۳۹) میں ایسی ایک مثال دی گئی ہے' اس میں ش م اور م ہ ہر دو عدسہ کے ماسکی طول (م) کے مساوی ہیں۔

طریقہ (۲)۔ جب محدب عدسہ کے ذریعہ کسی 'شخص' کا حقیقی خیال پردہ پر بنتا ہے تو پردہ اور شخص کو ان کی جگہوں پر قائم رکھکر (یعنے ان کا درمیانی فاصلہ مستقل رکھہ کر) عدسہ کے لئے بالعموم دو محل دریافت

ہو سکتے ہیں۔ ایک محل ایسا ہوتا ہے کہ جب عدسہ وہاں رکھا جاتا ہے تو خیال شخص سے بڑا ہوتا ہے، اور جب عدسہ دوسرے محل پر رکھا جاتا ہے تو خیال شخص سے چھوٹا ہوتا ہے۔ پہلی صورت میں عدسہ سے شخص تک کا جو فاصلہ ہوتا ہے دوسری صورت میں عدسہ سے پردہ تک کے فاصلہ کے مساوی ہوتا ہے۔

شکل ۳۹

عدسہ کے ماسکی طول کے لئے ترسیمی عمل

فرض کرو شخص اور پردہ کے درمیان فاصلہ (ف) ہے، اور عدسہ کے پہلے اور دوسرے محل کے مابین (ا)۔ تو

$$ش = \frac{ف + ا}{۲} ، خ = - \frac{ف - ا}{۲}$$

ان قیمتوں کو مساوات $\frac{۱}{خ} - \frac{۱}{ش} = \frac{۱}{م}$ میں خ اور ش کے عوض لکھنے سے ماسکی طول $م = \frac{ف^۲ - ا^۲}{۴ ف}$ نکل آتا ہے۔

شخص سے پردہ کافی دور رکھو اور ان کے مابین عدسہ کو ایک ایسے مقام پر ترتیب دو کہ پردہ پر شخص کا حقیقی خیال اتر آئے۔ پھر شخص اور پردہ کو ان کی جگھوں پر قائم رکھہ کر عدسہ کا دوسرا محل دریافت کرو جس سے مکرر حقیقی خیال پیدا ہو۔ عدسہ کے پہلے اور دوسرے محلوں کا فاصلہ ناپ لو اور نیز شخص اور پردہ کا درمیانی فاصلہ۔ مصرحہ بالا مساوات کے ذریعہ (م) کی قیمت شمار کیجائے۔

بطور خاص بعد آزمائش ایک ایسی صورت دریافت کیجائے جس میں ا کی قیمت صفر ہو۔ ظاہر ہے کہ ایسی حالت میں (ف) کی قیمت اقل ہوگی اور

$$م = \frac{ف}{۴}$$

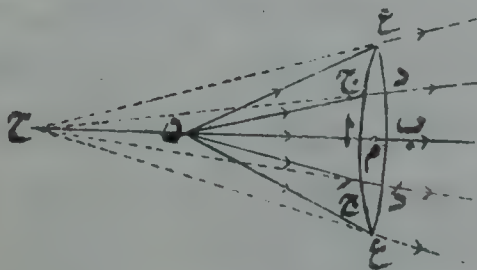
تجربہ ع۲۵۔ مناظری تختہ۔ مقعر عدسہ کے ماسکی طول کی تعیین۔ چونکہ محض مقعر عدسہ سے حقیقی شخص کا حقیقی خیال بننا ممکن نہیں۔ مناظری تختہ کے ذریعہ متذکرہ بالا طریقوں پر کار بند ہونے کے لئے مقعر عدسہ کے ساتھہ ایک مناسب ماسکی طول کا محدب عدسہ شریک کرنے کی ضرورت پیش آتی ہے۔ ان دونوں عدسوں کا مجموعہ بالالتزام محدب ہونا چاہئے۔ تجربہ (۵۱) کی طرح اس مجموعہ کا ماسکی طول (م) دریافت کرلیا جاسکتا ہے۔ پھر اس طریقہ سے اسی محدب عدسہ کا ماسکی طول ($م_۱$) بھی معلوم کرلیا جاسکتا ہے جو مقعر عدسہ کے ساتھہ مجموعہ میں شریک کیا گیا۔ تب مقعر عدسہ کا ماسکی طول ($م_۲$) ضابطہ ذیل کے ذریعہ شمار کرلیا جاسکتا ہے:

$$\frac{1}{م} = \frac{1}{م_1} + \frac{1}{م_2}$$

اس ضابطہ میں ہر مقدار کی صحیح علامت درج ہونی چاہیئے تاکہ نتیجہ صحیح برآمد ہو۔

تجربہ ع۵۳ ۔ ایک محدب الطرفین عدسہ کی سطحوں کے نصف قطر انحنا کی تعیین۔ پہلے اس عدسہ کا ماسکی طول دریافت کرلیا جائے۔ مصرحہ بالا طریقوں میں سے کوئی ایک طریقہ استعمال کیا جاسکتا ہے۔ پھر شخص کے لئے ایسا محل (بعد آزمائش) دریافت کیا جائے کہ اُس کی شعاعیں عدسہ میں منعطف ہوکر عدسہ کی دوسری (یعنے عقبی) سطح سے منعکس ہوں اور عدسہ سے مکرر منعطف ہونے کے بعد جو خیال پیدا ہوگا شخص سے منطبق ہو جائے۔

شکل (۴۰) میں بتایا گیا ہے کہ اس خیال کی پیدائش کیونکر ہوتی ہے۔ نقطہ (ن) سے اگر کوئی شعاع عدسہ

شکل ع۴۰

عدسہ کی دوسری سطح سے انعکاس

(ع) کی پہلی سطح میں سے منعطف ہوکر دوسری سطح سے بعد انعکاس اسی راستہ واپس لوٹتی ہے جس سے وہ آئی تھی، اس کی سمت اس دوسری سطح پر عمودی ہونی چاہیئے۔ پس شعاع منعطف $\overline{ج د}$ کی سمت عدسہ کی دوسری سطح کے مرکز انحنا (ح) میں سے گزرنی چاہیئے عدسہ کے سیدھے جانب ہی کچھ نور چلا جاتا ہے، جیساکہ نقطہ دار خطوط کے ذریعہ بتایا گیا ہے۔ بہر حال، نقطہ (ح) نقطہ (ن) کا خیال ہے جو عدسہ میں سے گزرنے والی شعاعوں کے ذریعہ پیدا ہوتا ہے۔

$\overline{م ن}$ کو (ف) سے تعبیر کیا جائے اور $\overline{م ح}$ کو (ص$_۲$) سے، تو مساوات

$\frac{۱}{خ} - \frac{۱}{ش} = \frac{۱}{م}$ میں ش = ف، اور خ = ص$_۲$

پس $\frac{۱}{ص_۲} - \frac{۱}{ف} = \frac{۱}{م}$ جہاں (م) سے مراد عدسہ کا ماسکی طول ہے

لہٰذا $ص_۲ = \frac{ف م}{ف + م}$

یہ یاد رہے کہ اس ضابطہ میں (م) کی جبری قیمت درج ہوگی۔

نقطہ (ن) کے مقام کی تعیین تجربہ سے، اختلاف منظر کے طریقہ سے، ہوسکتی ہے، مثلاً ایک آلپن کو بطور شخص کے استعمال کیا جاسکتا ہے۔ لیکن چونکہ ان سے انعکاس سے پیدا ہونے والا خیال مدہم ہوتا ہے اس لئے مناظری تختہ کے ذریعہ تجربہ بہتر ہے۔ یعنی ایک سفید پردہ کے بیچ میں چھوٹا دائری سوراخ کرکے اسپر دو صلیبی تار

تان دئیے جائیں اور دائرہ کو منوّر کرکے ان کا خیال ان سے منطبق کرایا جائے۔ چونکہ اس صورت میں شخص اور خیال دونوں عدسہ سے ایک ہی فاصلہ پر واقع ہوتے ہیں، اس لئے عدسہ سے پردہ تک کا فاصلہ (ف) کے مساوی ہے۔

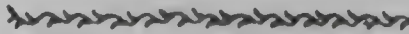
اندھیرے کمرے میں الپن پر ایک چھوٹی سی جھنڈی لگاکر اس کو کافی روشن کرکے، تجربہ کیا جاسکتا ہے۔ اگر معمل کے کسی اور حصہ میں تجربہ کرنا ہو تو عدسہ کو پارے کی سطح پر تیرا کر منعکس شعاعوں کی حدّت میں اضافہ کیا جاسکتا ہے۔

عدسہ کو پلٹا کر اس کی باقی ماندہ سطح کا نصف قطر (ص۱) بھی اسی طریقہ سے دریافت کرلیا جاسکتا ہے۔

م، ص۱ اور ص۲ معلوم ہوجانے کے بعد عدسہ کا انعطاف نما (مر) ضابطۂ ذیل کے ذریعہ شمار کرلیا جاسکتا ہے:

$$\frac{1}{م} = (مر - 1)\left(\frac{1}{ص_1} - \frac{1}{ص_2}\right)$$

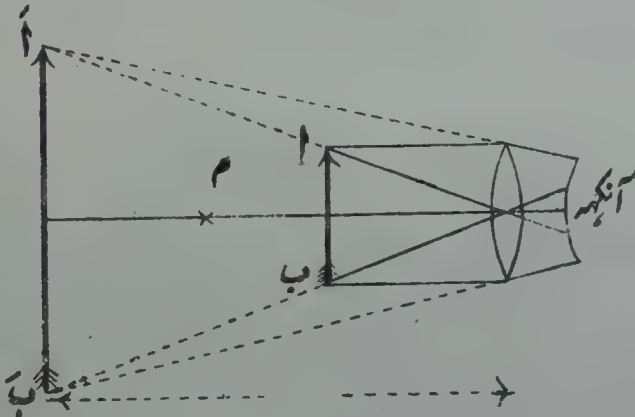
ان تینوں مقداروں م، ص۱ اور ص۲ کی صحیح علامتیں درج ہونی چاہئیں۔ (م) کی علامت کے متعلق کوئی دقت پیش نہیں آتی۔ سطحوں کے نصف قطر کی صحیح علامتیں درج کرنے کے لئے، فرض کرو عدسہ کی وضع تجربہ کیلئے ترتیب دی گئی ہے۔ ایک جانب کو جانب وقوع تصور کرسکتے ہیں۔ اور اس جانب جو فاصلے ناپے جائینگے

سب مثبت ہونگے ۔ مثلاً اگر عدسہ کی دونوں سطحیں اس
جانب محدب ہوں تو اس کا نصف قطر انحنا منفی ہے،
اس لئے کہ اس کا نصف قطر مخالف سمت میں ناپا
جائیگا ۔

چھٹا باب

مناظری آلات

فصل (۱) سادہ عدسہ کی تکبیری طاقت

کسی شئے کا ظاہری قد اُس کے زاویۂ نظر کے تابع ہے۔ یعنی شئے کے خطی ابعاد اور آنکھہ سے اُس کے فاصلہ کے تابع ہے۔ جسقدر وہ آنکھہ سے قریب ہوتا ہے اسیقدر اس کا ظاہری قد بڑھتا ہے۔ لیکن جب وہ ایک معین فاصلہ سے قریب تر ہوتا ہے تو رویت واضح نہیں رہتی

شکل ع۱۴

عدسہ کی تکبیری طاقت

طبعی یا صحیح آنکھہ کی رویتِ واضح کا اقلّ فاصلہ عموماً ۲۵ سم تصور کیا جاتا ہے۔

جب ایک ہی عدسہ کو بطور سادہ خردبین استعمال کرتے ہیں تو اس کو آنکھہ سے متصل رکھکر شخص، کو ایسے مقام پر ترتیب دیتے ہیں کہ اس کا مجازی خیال آنکھہ سے ۲۵ سم دور پیدا ہوتا ہے۔ مثلاً اگر شخص اَبَ کا فاصلہ عدسہ سے اس کے ماسکی طول سے کم ہے تو اس کا مجازی خیال اَبَ آنکھہ سے ۲۵ سم دور بنتا چاہئیے (ملاحظہ ہو شکل ۱۴۱)

عدسہ یا خردبین کی **تکبیری طاقت** سے وہ بنسبت مراد ہے جو مجازی خیال کے زاویۂ نظر کو شخص کے زاویۂ نظر سے ہوتی ہے، جبکہ وہ آنکھہ سے ۲۵ سم دور ہوتا ہے دوربین کی تکبیری طاقت کا مفہوم اس سے جداگانہ ہے۔ جب زاویۂ نظر چھوٹے ہوتے ہیں انکی نیم قطری قیمتوں کے عوض ان کے مماس استعمال ہو سکتے ہیں۔ پس

$$\text{تکبیری طاقت ک} = \frac{\frac{\text{اَبَ}}{۲۵}}{\frac{\text{اب}}{۲۵}} = \frac{\text{اَبَ}}{\text{اب}}$$

عدسہ کی تکبیری طاقت اور اس کے ماسکی طول میں تعلق۔ فرض کرو عدسہ کا ماسکی طول (م) سنٹی میٹر ہے۔ اور شخص اب کا فاصلہ عدسہ سے (ش) سم۔

$$\text{تو} \quad \frac{1}{۲۵} - \frac{1}{ش} = \frac{1}{م}$$

$$\therefore \quad \frac{1}{ش} - \frac{1}{۲۵} = \frac{1}{م}$$

لیکن تکبیری طاقت (ک) $= \frac{اَبَ}{اب} = \frac{۲۵}{ش} = ۱ - \frac{۲۵}{م}$

لہذا، اگر (م) معلوم ہے تو تکبیری طاقت شمار ہوسکتی ہے۔ واضح ہے کہ (م) کی جبری قیمت درج ہونی چاہئے۔ محدب عدسہ کے لئے اس کی قیمت منفی ہے۔

تجربہ ۵۴۔ ایک سادہ عدسہ کی تکبیری طاقت کی تعیین۔

طریقہ (۱) عدسہ کو دو البنوں کے بیچ میں رکھو اور اور ان کے فاصلوں کو ترتیب دیکر (تاکہ ایک البن کا خیال دوسرے سے منطبق ہو) عدسہ کا ماسکی طول بذریعہ ضابطہ $\frac{1}{خ} - \frac{1}{ش} = \frac{1}{م}$ دریافت کرلو۔

جیساکہ قبل ازیں متعدد جگہ ہدایت ہوی ہے، جو فاصلے شخص سے آنیوالے نور کے مقابل سمت میں ناپے جاتے ہیں مثبت ہوتے ہیں۔ اسی طرح ماسکی طول معلوم کرلینے کے بعد تکبیری طاقت

ک $= ۱ - \frac{۲۵}{م}$ سے دریافت ہوجاتی ہے۔

طریقہ (۲)۔ ایک ملی میتر پیمانہ کو میز پر رکھو، اور ایک دوسرے ملی میتر پیمانہ کو پہلے پیمانہ سے تقریباً ۲۰ سنتی میتر اوپر، اور اُس کے متوازی رکھو۔ ان کو اس طور پر ترتیب دو کہ جب اوپر کے پیمانہ کو ایک آنکھ سے عدسہ میں سے دیکھتے ہیں تو دوسری آنکھ سے نیچے کا پیمانہ بھی دکھائی دے۔ عدسہ کی وضع بھی ٹھیک کرو تاکہ دونوں پیمانے واضح اور باہمدیگر منطبق نظر آئیں، اوپر کا پیمانہ عدسہ میں سے اور نیچے کا خالی آنکھ سے۔ پھر گن کر دیکھو پہلے پیمانہ کے کتنے ملی میتر درجے دوسرے پیمانہ کے دو یا تین ملی میتر درجوں سے منطبق ہوتے ہیں۔ اگر اوپر کے پیمانہ کے (ت۱) درجے نیچے کے پیمانہ کے (ت۲) درجوں کے ساتھ منطبق ہوں، تو

$$\text{تکبیری طاقت (ک)} = \frac{ت_2}{ت_1}$$

فصل (۱) خردبین

خردبین کی ترکیب اور تکبیری طاقت

مرکب خردبین کے ضروری اجزاء چھوٹے ماسکی طول کے دو محدب عدسے ہیں:۔

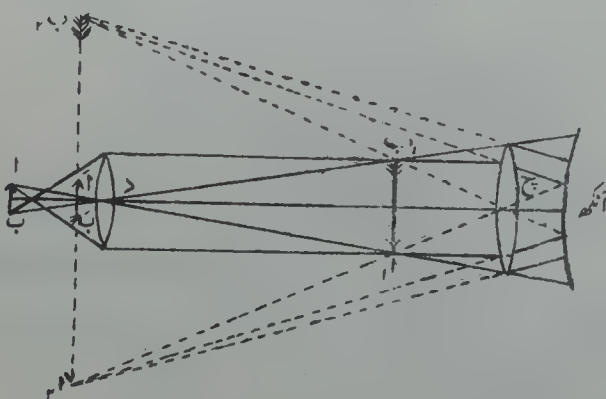
(۱) دہانہ یا عدسۂ شخص

(۲) چشمہ یا عدسۂ چشم

دہانہ اور شخص کے مابین جو فاصلہ ہے دہانہ کے

ماسکی طول سے ذرا ہی بڑا ہوتا ہے۔ اس لئے عدسہ کے دوسرے بازو ایک حقیقی، معکوس اور شخص سے بڑا خیال پیدا ہوتا ہے۔ شکل (۴۲) میں ا ب شخص ہے اور اَ بَ متذکرۂ بالا خیال ہے جو دہانہ (د) سے بنتا ہے۔ یہہ حقیقی خیال عدسہ چشم یا چشمہ (چ) میں سے دیکھا جاتا ہے۔ چشمہ کا عمل بعینہ ایک سادہ مکبر شیشہ کا سا ہے۔

حقیقی خیال اور عدسۂ چشم میں عدسہ کے ماسکی طول سے کم فاصلہ ہے۔ اس لئے جو خیال پیدا ہوتا ہے مجازی اور شخص، یعنے پہلے (حقیقی) خیال سے بڑا ہوتا ہے۔ پھر عدسہ کا مقام ترتیب دیکر ٹھیک کرلیا جاتا ہے۔ تاکہ مجازی خیال آنکھ سے اقلّ فاصلۂ رویت واضح پر (جو عموماً ۲۵ سم تصور ہوتا ہے) تیار ہو۔

ا ب ا حقیقی خیال ہے جو دہانہ یا عدسۂ شخص کے

شکل (۴۲)

خردبین کی تکبیری طاقت

ذریعہ تیار ہوتا ہے اور ا۲ ب۲ مجازی خیال ہے جو چشمہ یا عدسۂ چشم سے تیار ہوتا ہے۔

خرد بین کی تکبیری طاقت (بلحاظ تعریف)

$$= \frac{\text{مجازی خیال ا}_۲\text{ب}_۲ \text{ کا زاویۂ نظر (جو آنکھ ح پر بنتا ہے)}}{\text{شخص اَبَ کا زاویۂ نظر (ح) پر جبکہ ۲۵ سم فاصلہ پر ہوتا ہے}}$$

$$= \frac{\text{(ح) پر ا}_۲\text{ب}_۲ \text{ کا زاویۂ نظر}}{\text{(ح) پر اَبَ کا زاویۂ نظر}}$$

(یہاں اَبَ = اب)

$$\text{پس تکبیری طاقت} = \frac{\overline{\text{ا}_۲\text{ب}_۲}}{\overline{\text{اَبَ}}} \text{ (تقریباً)}$$

تجربہ ۵۵۔ خرد بین بنانیکی ترکیب - (۱) قرنبیق کی ٹیکن کے افقی قاعدے پر ایک مربعدار کاغذ کا چھوٹا ٹکڑا، یا ایک چھوٹا واضح نشان کیا ہوا ملی میتر پیمانہ، بطور شخص، استعمال کیا جائے۔

(۲)۔ ۲ یا ۳ سنتی میتر ماسکی طول کا ایک عدسہ لو تاکہ بطور عدسۂ شخص، استعمال کیا جائے۔

اس کا ماسکی طول (تقریبی) دریافت کرو، اور اس سے کچھ ہی زاید فاصلہ پر، مربعدار کاغذ (یا ملی میتر پیمانہ) کے اوپر ٹیکن پر رکھو۔

(۳) عدسہ کے اوپر مناسب فاصلہ پر ایک چھوٹی تختی (یا پلیٹ فارم)، جس کے بیچ میں دائری سوراخ ہو،

افقی وضع میں اس طرح رکھو کہ عدسہ کا محور سوراخ کے مرکز میں سے گزرے۔ تختی پر ایک دوسرا مربعدار کاغذ جما دو۔

(۴) پلیٹ فارم کے اوپر، قرنبیق کی ٹیکن پر ایک فلزی حلقہ نصب کرو جس پر صلیبی تار تانے ہوئے ہوں۔ اوپر سے نیچے کی طرف نگاہ ڈالی جائیگی تو حقیقی، اور شخص سے بڑا، خیال ا ب ا دکھائی دیگا۔ صلیبی تاروں کے حلقہ کی بلندی کو ٹھیک کرلو تاکہ ان میں اور خیال کے خطوط میں اختلاف منظر نہ ہے۔ ایسی صورت میں صلیبی تار اُس افقی مستوی میں ہوتے ہیں جس میں دہانہ سے پیدا ہونے والا خیال ہوتا ہے۔

(۵) چشمہ کو (جو ۴ یا ۵ سم ماسکی طول کا عدسہ ہو تو بہتر ہے) ٹھیک موقعہ پر رکھو تاکہ دہانہ سے پیدا ہونے والے خیال کی تکبیر عمل میں آئے۔

(۶) حلقہ چشم کا ٹھیک مقام دریافت کرو، یعنے آنکھہ کی پتلی کے لئے ایسا مقام دریافت کرو کہ جب پتلی وہاں ہو تو عدسۂ چشم میں سے گزرنے والی شعاعوں کا اعظم حصہ اس میں داخل ہو سکے۔ جب آنکھہ اس مقام پر ہوتی ہے تو عدسۂ چشم کا میدان مربعدار کاغذ کے خیال سے پر نظر آنا چاہئے

اگر ضرورت ہو تو حلقۂ چشم کا صحیح مقام یاد رکھنے کے لئے وہاں ایک فلزی حلقہ رکھا جاسکتا ہے۔

(۷) پلیٹ فارم کو ترتیب دیکر حلقہ چشم سے ۲۵ سم

فاصلہ پر لاؤ۔

تجربہ ۵۶۔ خردبین کی تکبیری طاقت۔

طریقہ (۱) پلیٹ فارم پر کے مربعدار کاغذ کو راست ایک آنکھ سے مشاہدہ کرو جبکہ دوسری آنکھ خردبین میں سے پہلے کاغذ کے خیال کو دیکھتی ہو۔ اگر دونوں آنکھوں کی بصارت طبعی ہو تو مشق کرنے سے وقتِ واحد میں دونوں خیال ایک ساتھ نظر آ سکینگے، خردبین میں سے جو بڑا مربع دکھائی دیگا خالی آنکھ کو نظر آنے والے چند مربعوں پر منطبق ہوگا۔ اگر دونوں خیالوں کو ایک دقت دیکھنے میں دقت محسوس ہو تو آنکھوں کو باری باری سے کچھ دیر تک کھولو اور بند کرو تاکہ علحدہ علحدہ خیال نظر آئیں، پھر دونوں آنکھوں کو ایک ساتھ کھولدو تاکہ خیال منطبق نظر آئیں۔ اگر خالی آنکھ سے (ت٫) درجے، خردبین میں سے دکھائی دینے والے (ت٫) درجوں کے ساتھ، منطبق ہوں تو خردبین کی تکبیری طاقت $\frac{ت_۲}{ت_۱}$ ہوگی، اسلئے کہ اس صورت میں $\frac{ا_۲ ب_۲}{ا ب} = \frac{ت_۲}{ت_۱}$

طریقہ (۲) علحدہ علحدہ دہانہ اور چشمہ کی تکبیری طاقتوں کی تعیین کرو۔ اگر دہانہ کی طاقت ($ک_د$) ہے اور چشمہ کی ($ک_چ$) تو خردبین کی تکبیری طاقت (ک) $= ک_د \times ک_چ$

($ک_د$) کی تعیین۔ جس فلزی حلقہ پر صلیبی تار تانے گئے ہیں اسپر ایک چھوٹا مربعدار کاغذ ایسی وضع میں رکھو کہ

اس کے درجے حقیقی خیال ا ب$_۱$ کے درجوں کے بازو ہوں۔ گن کر دیکھو اس چھوٹے کاغذ کے کتنے (ت$_۲$) درجے خیال ا$_۱$ ب$_۱$ کے (ت$_۱$) درجوں سے منطبق ہوتے ہیں۔

$$\text{تب (ک}_د\text{)} = \frac{\text{ت}_۲}{\text{ت}_۱}$$

(ک$_چ$) کی تعیین۔ چشمہ کی تکبیری طاقت (ک$_چ$) کی تعیین کے لئے صلیبی تاروں کے فلزی حلقہ پر ایک چھوٹا مربعدار کاغذ رکھو اور اس کو اس طرح ترتیب دو کہ حقیقی خیال ا$_۱$ ب$_۱$ کو ڈھانپ دے۔ پھر آنکھ کو حلقۂ چشم پر رکھو اور اس کاغذ کے درجوں کا پلیٹ فارم پر کے کاغذ کے درجوں سے مقابلہ کرو جو خالی آنکھ سے دیکھا جا رہا ہوگا۔ واضح ہو کہ یہہ طریقہ بعینہ وہی ہے جس سے ایک سادہ عدسہ کی تکبیری طاقت دریافت کیجاتی ہے۔ (ک$_چ$) کی اس طرح جو قیمت برآمد ہو قلمبند کر لو اور پھر

$$\text{بذریعہ ک} = \text{ک}_د \times \text{ک}_چ$$

خردبین کی تکبیری طاقت شمار کرو۔

طریقہ (۳)۔ (ک$_د$) اور (ک$_چ$) علحدہ علحدہ شمار کر لئے جائیں اور پھر عدسہ کی تکبیری طاقت (ک) جو ک$_د$ × ک$_چ$ کے مساوی ہے شمار کر لیجائے۔

واضح ہو کہ $ک_د$ = خیال $ا_۱ ب_۱$ کا قد / شخص اب کا قد

= (د) سے خیال $ا_۱ ب_۱$ کا فاصلہ / (د) سے شخص اب کا فاصلہ

یہہ فاصلے ناپ لئے جائیں اور ان سے ($ک_د$) شمار کرلی جائے۔ دیکھو شخص اب کا فاصلہ (د) دہانہ کے ماسکی طول کے قریب قریب مساوی ہے۔ اور خیال $ا_۱ ب_۱$ کا فاصلہ (د) سے تقریباً خردبین کی نلی کے طول کے مساوی ہے۔

($ک_چ$) کا شمار :-

حلقۂ چشم کو عدسۂ چشم کے بالکل قریب فرض کرکے عدسۂ چشم کی تکبیری طاقت ضابطہ ذیل سے دریافت ہوتی ہے۔

$$ک_چ = ۱ - \frac{۲۵}{م}$$

جس میں (م) عدسۂ چشم کا ماسکی طول ہے۔ پس (م) معلوم کیا جائے اور ($ک_چ$) شمار کرلیا جائے۔ اور پھر اس سے

$$ک = ک_د \times ک_چ$$

اگر حلقۂ چشم اور عدسۂ چشم میں فاصلہ قلیل نہ ہو تو فرض کرو وہ (ف) ہے۔ مجازی خیال حلقۂ چشم سے ۲۵ سنتی میٹر پر بنتا ہے نہ کہ عدسۂ چشم سے۔ پس تکبیری طاقت اس صورت میں

$$ک_چ = ۱ - \frac{۲۵ - ف}{م} \text{ ہے}$$

چونکہ (ف) تقریباً (م) کے مساوی ہوتا ہے، اس لئے یہہ تقریبی ضابطہ حاصل آتا ہے

$$ک_ج = - \frac{۲۵}{م}$$

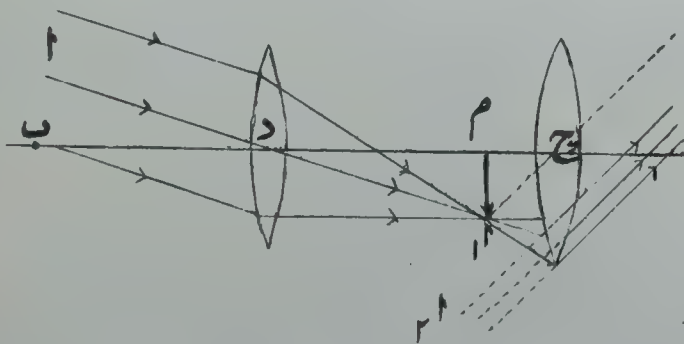
فصل (۳) دوربین

دوربین کی ترکیب اور اُسکی تکبیری طاقت

دوربین کے ضروری اجزاء دو محدب عدسے ہیں :

(۱) دہانہ یا عدسۂ شخص جس کا ماسکی طول لمبا ہوتا ہے۔

(۲) چشمہ یا عدسہ چشم جسکا ماسکی طول چھوٹا ہوتا ہے۔

بڑے ماسکی طول کے عدسہ سے دور کے شخص کا حقیقی اور معکوس خیال بنتا ہے۔ اگر شخص بہت دور ہو جیسا کہ فلکی دوربین مین ہوتا ہے، اس خیال کی پیدائش دہانہ کے

شکل (۴۳)

دوربین بحالت ترتیب طبعی

ماسکی مستوی ہوتی ہے۔
شکل (۴۴۳) میں بتایا گیا ہے کہ دور کے شخص کے کسی نقطہ سے جو شعاعیں دوربین کے اصلی محور کے متوازی آتی ہیں (م) پر، جو دہانہ (د) کا اصلی ماسکہ ہے جمع ہوجاتی ہیں۔
دور کے شخص کے کسی اور نقطہ سے شعاعوں کی جو پنسل سمت اد کے متوازی آتی ہے نقطہ (ا) پر ماسکہ پر آتی ہے، جو دہانہ کے ماسکی مستوی میں واقع ہے۔
حقیقی اور معکوس جو خیال پیدا ہوتا ہے عدسۂ چشم اسکی تکبیر کر کے ایک مجازی خیال بناتا ہے، جو عدسۂ چشم کے اسی بازو ہوتا ہے جدھر پہلا حقیقی خیال ہے۔

جب دوربین طبعی ترتیب کی حالت میں ہوتی ہے اس کا عدسۂ چشم متذکرۂ بالا حقیقی خیال سے آگے کو بقدر اس کے ماسکی طول کے بڑھا کر رکھا ہوا ہوتا ہے۔ پس ایسی صورت میں چشمہ سے جو شعاعیں خارج ہوتی ہیں متوازی ہوتی ہیں، اور اس لئے آخری مجازی خیال آنکھ سے لاتناہی دور فاصلہ پر ہوتا ہے۔ ان متوازی شعاعوں کی سمت (ا) کو (ج) سے ملانے سے، جو عدسۂ چشم کا مرکز ہے، معلوم ہو جاتی ہے۔
اگر آنکھ دور کی چیز کو دیکھنے کے لئے تیار ہے اور عدسۂ چشم کے پیچھے رکھی جاتی ہے تو یہ متوازی شعاعیں پردۂ شبکیہ پر ماسکہ پر آجائینگی، اور ا م کا خیال اس کو بڑا نظر آئیگا۔

کسی مناظری آلہ کی تکبیری طاقت سے مراد خیال کے زاویۂ نظر اور شخص کے زاویۂ نظر کی باہمی نسبت ہے۔ مفہوم مکمل ہونے کے لئے خیال اور نیز شخص کے مقام بھی معیّن ہونے چاہئیں۔

جب خردبین کی طاقت دریافت کرتے ہیں تو شخص اور خیال، دونوں، آنکھ سے واضح رویت کے اقل فاصلہ پر یعنے ۲۵ **سنتی میٹر** دور رکھے جاتے ہیں۔

فلکی دوربین کی طاقت کی تعیین میں شخص اور خیال کو اس فاصلہ پر تصور کرنا مہمل ہوگا۔ پس دونوں مشاہدہ کرنیوالے کی آنکھ سے نا متناہی دور تصور کئے جاتے ہیں۔ لہذا طبعی ترتیب کی حالت میں دوربین کی تکبیری طاقت

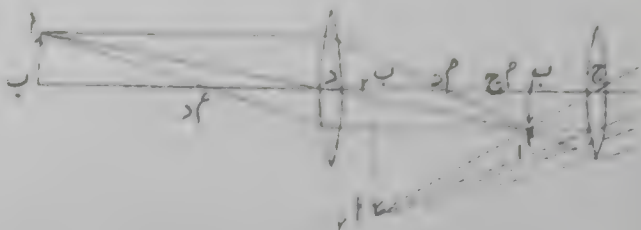
$$= \frac{\text{خیال کا زاویہ نظر}}{\text{شخص کا زاویہ نظر}}$$

$$= \frac{\widehat{\text{اچب}}}{\widehat{\text{ادب}}} = \frac{\widehat{\text{اچم}}}{\widehat{\text{ادم}}} ،$$

$$= \frac{\frac{\text{ام}}{\text{چم}}}{\frac{\text{ام}}{\text{دم}}} \quad \text{تقریباً}$$

(چونکہ زاوئے چھوٹے ہیں اس لئے بجائے ان کے نیمقطری پیمانوں کے ان کے مماسوں کی قیمتیں لکھی گئی ہیں)

$$\text{پس طاقت تکبیر} = \frac{\text{دہانہ کا ماسکی طول}}{\text{چشمہ کا ماسکی طول}}$$

ایسی سادہ دوربین ارضی چیزوں کے دیکھنے کے لئے ہی استعمال ہوتی ہے، مشاہدہ کرنے والے سے جن کے فاصلے دور ہوتے ہیں لیکن نامتناہی نہیں۔ ایسی صورتوں میں دوربین طبعی ترتیب کی حالت میں نہیں ہوتی ہے، اور آخری خیال مشاہدہ کرنے والے سے کسی بھی مناسب وموزوں فاصلہ پر ہو سکتا ہے۔ چنانچہ مشاہدہ کرنے والا عدسۂ چشم کو اس طرح ترتیب دے سکتا ہے کہ آخری خیال آنکھ سے اسی فاصلہ پر بنے جس پر شخص واقع ہے، یا یہ خیال واضح رویت کے اقل فاصلہ پر ہو۔

شکل ۴۴

دوربین طبعی ترتیب سے جداگانہ حالت میں

تب دوربین کی طاقتِ تکبیر اس طرح شمار ہو سکتی ہے:-

$$\text{طاقت تکبیر} = \frac{\text{خیال کا زاویہ نظر}}{\text{شخص کا زاویہ نظر}}$$

$$= \frac{\text{ا}_2\hat{\text{ج}}\text{ب}_2}{\text{ا}\hat{\text{د}}\text{ب}} = \frac{\text{ا}_1\hat{\text{ج}}\text{ب}_1}{\text{ا}_1\hat{\text{د}}\text{ب}_1}$$

$$= \frac{\text{د ب}_1}{\text{ج ب}_1} \text{ تقریباً}$$

یعنے طاقت تکبیر = $\frac{\text{حقیقی خیال کا فاصلہ دہانہ سے}}{\text{حقیقی خیال کا فاصلہ چشمہ سے}}$ ۔

دوربین کی طاقت کے لئے یہہ جو نسبت اخذ کی گئی ہے ہر حالت میں صحیح ہے، خواہ ترتیب طبعی ہو یا نہو، اور آخری مجازی خیال کا فاصلہ آنکھہ سے کچھہ ہی ہو ۔

تجربہ ۵۷ ۔ سادہ دوربین بنانیکی ترکیب ۔

بطور "شخص" کے ایک درجہ دار پیمانہ کو انتصابی وضع میں کافی دور کھڑا کرو ۔ اگر مناسب پیمانہ نہ مل سکے تو اینٹہہ کی کسی دیوار کے ساتھہ مشاہدہ ہو سکتا ہے ۔ دو محدب عدسے لو، ایک عدسہ بڑے سے بڑے ماسکی طول کا چاہئے دوسرا چھوٹے سے چھوٹے ماسکی طول کا ۔ پہلا عدسہ بطور عدسۂ شخص یا دہانہ کے "مجوزہ شخص" یعنے پیمانہ یا دیوار کا حقیقی خیال بنانے کے لئے ترتیب دیا جائے ۔ اگر آنکھہ اس حقیقی خیال کے پیچھے کافی دور واقع ہو تو خیال صاف دکھائی دے سکے گا ۔ پیمانہ کے کسی ایک درجہ کے حقیقی خیال کے ساتھہ ایک الپن منطبق کرا یا جائے ۔ یہہ اسیوقت ممکن ہوگا جبکہ درجہ کے خیال اور الپن میں اختلاف منظر نرہیگا ۔

پھر چھوٹے ماسکی طول کا عدسہ چشمہ کی طرح ترتیب دیا جائے ۔ تاکہ پیمانہ کے درجے بڑے اور واضح نظر آئیں ۔

تجربہ نمبر ۵۰۔ دوربین کی طاقت تکبیر۔ ایک آنکھ سے پیمانہ کو دوربین میں دیکھو، دوسری سے پیمانہ کا راست معائنہ کرو۔ چونکہ دونوں آنکھوں سے ایک ہی وقت میں علیحدہ علیحدہ کام لئے جارہے ہیں، شاید مبتدی کو پہلے پہلے کچھ دقت محسوس ہوگی۔ اگر عدسۂ چشم اس طرح ترتیب دیا جائے کہ دونوں آنکھوں کی توفیق ایک ہی ہے، یعنے آخری مجازی خیال کی پیدائش، مشاہدہ کرنے والے سے اسی فاصلہ پر ہوتی ہے جس پر خود پیمانہ رکھا ہوتا ہے، تو یہہ دقت بہت کچھہ رفع ہوجائیگی۔ دوربین کے عدسۂ چشم کو ہٹاکر ماسکہ پر لاتے وقت یہہ بات ذہن میں جمائے رکھو کہ خیال اسی فاصلہ پر ہے جس پر پیمانہ واقع ہے۔ اگر ترتیب ٹھیک ہے اور دونوں آنکھوں سے وقت واحد میں کام لیا جاتا ہے تو سر کو خفیف سا ہٹانے سے مجازی خیال اور پیمانہ میں کوئی اضافی حرکت نہ محسوس ہوگی۔

دوربین میں سے پیمانہ کے چند درجوں (ت۱) کو ملاحظہ کرو، اور دیکھو خالی آنکھہ سے اس کے کتنے درجے (ت۲) ان کے ساتھہ منطبق ہوتے ہیں۔ دوربین کی طاقت

تکبیر $\frac{ت_2}{ت_1}$ کے مساوی ہوگی۔

اسکی تصدیق کے لئے دوربین کے عدسۂ شخص (دہانہ) سے الپن تک کا فاصلہ ناپو اور اس کو الپن سے عدسۂ چشم تک کے فاصلہ پر تقسیم کرو۔

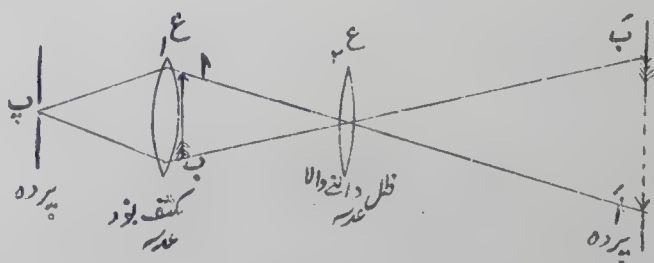
پھر دونوں عدسوں کے ماسکی طول دریافت کرو اور دہانہ کے ماسکی طول اور عدسۂ چشم کے ماسکی طول میں نسبت شمار کرو - اس نسبت سے دوربین کی طاقتِ تکبیر اِس صورت میں دریافت ہوتی ہے جبکہ ترتیب طبعی ہو -

فصل (۴) مناظری قندیل

مناظری قندیل عموماً کسی عکس (فوٹو) کے شفاف حصہ وغیرہ کا بڑا خیال بناکر پردہ پر اتارنے کی غرض سے استعمال ہوتی ہے - اس میں دو عدسے (یا عدسی نظام) ہیں، ایک ظل ڈالنے کا عدسہ (یا عدسۂ شخص) ہوتا ہے، اور دوسرا عدسۂ مکثفِ نور - اول الذکر ضلالت لونی وغیرہ سے پاک عدسوں کا ایک مجموعہ ہے، جس کے اولی اصلی ماسکہ سے ذرا دور پر 'شخص' یعنے مناظری تختی (سلائیڈ) ترتیب دیجاتی ہے، تاکہ حقیقی اور بڑے قدو قامت کا خیال پیدا ہو - مکثف نور عدسہ عموماً دو مستوی محدب عدسوں کا مجموعہ ہوتا ہے جو ایک دوسرے کے قریب ہوتے ہیں اور جنکی منحنی سطحیں باہمدیگر مقابل ہوتی ہیں تاکہ مجموعہ مدقق ہو - اس کو اس غرض سے شریک کرتے ہیں کہ مبداء نور سے شعاعوں کی جو متسع پنسل نکلتی ہے اس کا اکثر حصہ ظل ڈالنے والے عدسہ کے بیچ میں سے گزرے - اس سے خیال میں بحد امکان کم کجی (کروی ضلالت) پیدا ہوتی ہے اور نیز میدان کی وسعت بہت بڑھ جاتی ہے -

ظل ڈالنے کے عدسہ (یا عدسۂ شخص کی خطی تکبیر

$$= \frac{\text{خیال کے خطی ابعاد}}{\text{شخص کے (جوابی) خطی ابعاد}}$$

شکل ۲۵

مناظری قندیل کی ترکیب

یہہ نسبت سیدھے خیال کیلئے مثبت تصور ہوتی ہے، اور معکوس کے لئے منفی۔

خطی تکبیر (ک) کا عام ضابطہ یہہ ہے :-

$$ک = \frac{خ}{ش}$$

جس میں (خ) خیال کا عدسہ سے فاصلہ ہے، اور (ش) شخص کا فاصلہ عدسہ سے ہے۔

لیکن (م) ماسکی طول کے عدسہ کیلئے $\frac{1}{خ} - \frac{1}{ش} = \frac{1}{م}$

پس $1 - \frac{خ}{ش} = \frac{خ}{م}$ یا $1 - ک = \frac{خ}{م}$

اور $م = \frac{خ}{1 - ک}$

تجربہ ۵۹ - مناظری قندیل بنانیکی ترکیب -

مناظری قندیل کے عمل کی توضیح کے لئے بڑے سہوہ کے دو عدسے منتخب کرلو، جن میں سے ایک کا ماسکی طول تقریباً ۲۵ سم ہو اور دوسرے کا ۱۵ سم - مبداء نور چھوٹے ابعاد کا چاہئے - اس غرض سے ایک فلزی بردہ کے بیچ میں کوئی ۵ء۰ سم قطر کا ایک سوراخ کر کے اس کے پیچھے موم بتی یا معمولی چراغ کا شعلہ رکھا جائے - ایک فلزی تیر یا شیشہ پر کندہ کیا ہوا پیمانہ بطور "شخص" استعمال کیا جاسکتا ہے - اگر بڑے ماسکی طول (۲۵ سم) کے عدسہ کو عدسۂ شخص کی حیثیت سے ترتیب دیکر سفید پردہ کو دور رکھہ کر اسپر بڑے ابعاد کا خیال اتارنے کی کوشش کیجائے تو خیال بہت مدہم بنیگا اور صرف اس کے وسطی حصے نظر آئینگے - اب چھوٹے ماسکی طول (۱۵ سم) کے عدسہ کو "شخص" کے پیچھے کھڑا کرو اور سوراخدار فلزی پردہ ایسی جگہ رکھو کہ منور سوراخ کا خیال عدسۂ شخص کے وسطی حصہ پر پیدا ہو، یعنی باعتبار اس مکثف نور عدسہ کے پردہ کا سوراخ اور عدسۂ شخص کا وسطی حصہ باہمدیگر زوجی ماسکے ہوں - مثلاً آلہ کو اس طرح ترتیب دیا جاسکتا ہے کہ فلزی پردہ کے سوراخ اور عدسۂ شخص میں فاصلہ اقل ہو (صفحہ ۱۲۹) اور مکثفہ کے ماسکی طول کا چہار چند ہو - اس صورت میں زوجی ماسکوں کو "عدسہ کے متشاکل نقطے" کہتے ہیں -

اگر "شخص" مکثفہ سے ذرا ہی سامنے ہو تو سفید پردہ پر

جو خیال دکھائی دیگا یکساں روشن ہوگا اور اس میں شخص (جو مکشفہ کے سہوہ سے چھوٹا فرض کیا جاتا ہے) کے تمام حصے موجود ہونگے۔ سوراخدار پردہ کو اُس کے مقام سے ہٹاکر دیکھو خیال کی روشنی پر اس کا کیا اثر پڑتا ہے۔ تمہیں معلوم ہو جائیگا کہ اُس کے لئے صرف ایک ہی ایسا مقام ہے جسپر اُس کو دیکھنے سے خیال یکساں روشن نظر آتا ہے۔

تجربہ ۶۔ مناظری قندیل کے عدسۂ شخص کی طاقت تکبیر کی پیمائش اور اُس کے ماسکی طول کی تعیین ۔شخص پر کسی دو واضح نقطوں کا اور اُن کے خیالوں کا درمیانی فاصلہ ناپ لیا جائے۔ آخرالذکر کو اول الذکر پر تقسیم کرکے عدسہ کی طاقت تکبیر شمار کیجائے اس خاص صورت میں اُس کی علامت منفی ہوگی کیونکہ خیال معکوس ہے۔

عدسہ سے سفید پردہ تک کا فاصلہ ناپ لیا جائے اور اُس کے ماسکی طول کی قیمت ضابطہ ذیل سے شمار کیجائے:-

$$م = \frac{خ}{۱-ک}$$

احتیاط رہے کہ (خ) اور (ک) کی صحیح علامتیں درج ہوں

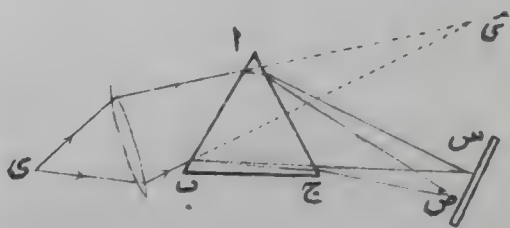
ساتواں باب

طیوف اور طیف پیما۔

فصل (۱) طیف بنانے کی ترکیب

سر آئیزیک نیوٹن کے مشہور تجربہ کی طرح جب سفید رشنی کی پنسل ایک منشور میں سے گزرتی ہے تو مختلف رنگوں میں **منتشر** ہوجاتی ہے اور رنگیں قطعات کا ایک سلسلہ نظر آتا ہے جو **طیف** کہلاتا ہے۔ خالص طیف تیار کرنے کے لئے، جس میں ایک رنگ کا قطعہ دوسرے رنگ کے قطعہ کے بازو ہو نہ کہ اسپر متراکب، مبداء نور ایک تنگ جھری کی شکل میں ہونا چاہیئے اور منشور کو اقلّ انحراف کی وضع میں رکھہ کر اس میں سے متوازی شعاعوں کی پنسل کو گزرنے دینا چاہیئے۔

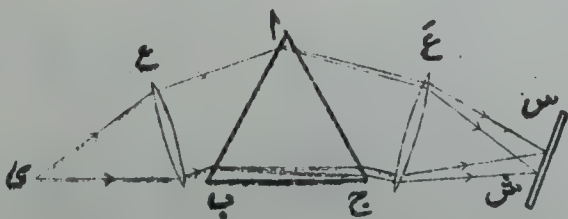
تجربہ ۱۷۱۔ پردے پر طیف کی پیدائش۔ کھلے کمرہ میں اگر تجربہ کرنا ہو تو بہت تیز اور سفید روشنی کا مبداء چاہیئے مثلاً لائم لائٹ یعنے چونے کی روشنی یا برقی قوس کی روشنی۔ تاریک کمرہ میں تجربہ کرنے کے لئے گیسی یا تیل کا چراغ بھی کافی ہوسکتا ہے۔ ایک فلزّی تختی کے بیچ میں ایک تنگ انتصابی وضع کی جھری بناکر مبداء کی روشنی کو ایک مکثف نور

محدب عدسہ کے ذریعہ سے ہمیں جھری پر ماسکہ پر لانا چاہئیے۔
جھری کے دوسرے جانب ایک دوسرا محدب عدسہ
ٹھیک مقام پر رکھکر سفید پردے پر جھری کا واضح اور ممتاز الحدود
خیال تیار کیا جائے۔ عدسہ سے جو پنسل گزرے اُسکی راہ
میں منشور کو رکھا جائے اور اُس کا انعطافی کنارہ انتصابی
وضع میں ترتیب دیا جائے۔ ایک سفید تاو اگر خارج شعاعوں
کی راہ میں پکڑا جائے تو اسپر رنگین قطعات کا ایک
سلسلہ نظر آئیگا۔ بالعموم پردہ کو اُس کے سابقہ مقام سے
ہٹاکر رکھنا پڑتا ہے تاکہ یہہ رنگین قطعات اسپر آئیں۔

شکل ۴۶
پردہ پر طیف کی پیدائش

منشور کو حسب ضرورت مناسب سمت میں پھیر کر اقلّ انحراف
کی وضع میں لاؤ۔ اُس کے بعد جھری کے خیال کو غالباً پردہ
پر مکرر ماسکہ پر لانے کی ضرورت ہوگی۔ اِس کے لئے
عدسہ سے آنے والی شعاعوں کے راستہ میں ایک چھوٹا
مستوی آئینہ رکھا جاسکتا ہے۔ آئینہ کو پھیر کر پردہ پر
طیف سے متصل جھری کا ایک سفید خیال بنایا جائے،

اور پھر عدسہ حسب ضرورت ذرا ذرا سرکا کر رکھا جائے یہاں تک کہ یہہ خیال پردے پر ٹھیک ماسکہ پر آجائے۔ طریقہ مصرحۂ بالا سے پردہ پر ایک کافی خالص طیف پیدا کیا جاسکتا ہے۔

چونکہ منشور میں سے گزرنے والی شعاعیں ایک مستدق پنسل سے متعلق ہیں یہہ طیف فی الحقیقت خالص نہیں۔ ایک ہی رنگ کے نور کی شعاعیں منشور میں سے متوازی گزرنے کے لئے جھری اور عدسہ کا درمیانی فاصلہ عدسہ کے ماسکی طول کے مساوی ہونا چاہیئے۔ منشور میں سے

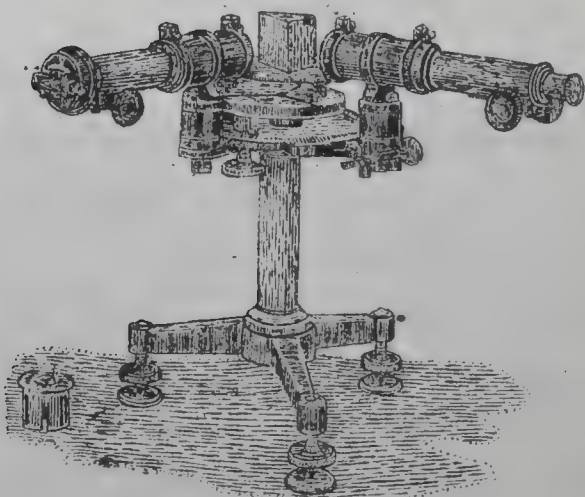
شکل ۷۴

خالص طیف کی پیدائش

جس راستے پنسل خارج ہوتی ہے اگر وہاں آنکھہ رکھی جائے تو اُس کو ایک مجازی اور خالص طیف دکھائی دیگا۔ اس خالص طیف کو پردہ پر اتارنے کے لئے خارج پنسل کے سدّراہ ایک دوسرا محدب عدسہ رکھا جانا چاہیئے جس کا فاصلہ پردہ سے اُس کے ماسکی طول کے برابر ہو۔ یہہ ترتیب اکثر کاموں میں مفید پائی جاتی ہے مثلاً جب طیف کا عکس (فوٹو) لینا ہوتا ہے تو یہی

طریقہ استعمال ہوتا ہے اور بجائے سفید پردہ کے عکس
کشی کی تختی رکھدی جاتی ہے۔ طیف پیما کا بھی یہی اصول
ہے۔

فصل (۲) طیف پیما

طیف نما وہ آلہ ہے جس سے نور کی شعاعوں کو
منتشر کرکے طیف بنایا جاتا ہے اور اس طیف کا
معائنہ کیا جاتا ہے۔

طیف پیما طیف نما کے متشابہ آلہ ہے لیکن اس
میں منتشر شعاعوں کا انحراف وغیرہ ناپنے کے
مناسب انتظام مہیا ہوتا ہے۔

شکل ۴۸ طیف پیما

اس آلہ کے ضروری اجزاء حسب ذیل ہیں :-

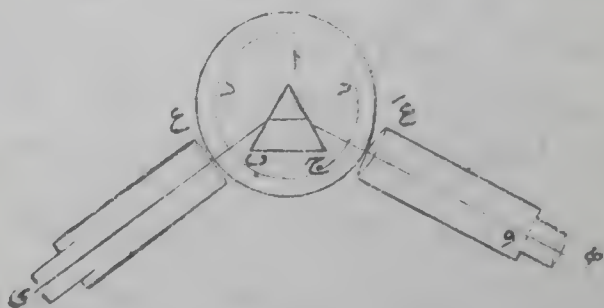
(۱) توازی گر (کولیمیٹر) جس سے شعاعوں کی پنسل متوازی بنائی جاتی ہے۔

(۲) منشور (یا انتشار پیدا کرنے والی جالی) جو شعاعوں کو منتشر کرنے کے لئے ایک گردش پذیر میز پر سہارا جاتا ہے۔

(۳) دوربین جس سے طیف کا معائنہ کیا جاتا ہے۔
اِن کے لئے درجہ دار دائرے اور کسر پیما بھی ہوتے ہیں تاکہ منشور اور دوربین کے محل (اور ان کی وضعوں) کا صحیح تعیّن ہوسکے۔ شکل ۴۸ اور (۴۹) میں اس آلہ کی اہم ترین خصوصیات بتائی گئی ہیں۔

توازی گر ایک نلی ہے جس کے ایک سرے پر ایک تنگ جھری (ی) (مناسب پیچ کے ذریعہ) ترتیب دیجاسکتی ہے۔ نلی کے دوسرے سرے پر لونی ضلالت سے پاک، ایک عدسہ (ع) ہوتا ہے۔ جس نور کے طیف کا معائنہ کرنا مقصود ہوتا ہے اُس کے مبداء سے جھری کو روشنی پہنچائی جاتی ہے۔ اکثر تجربوں کیلئے معمولی گیس کے شعلہ میں نمک طعام کے حل میں ڈبوئے ہوئے اسبسطوس کے ریشے پکڑنے سے جو زرد رنگ پیدا ہوتا ہے، کافی ہے، کیونکہ یہ نور تقریباً ایک لونی ہے۔ جھری اور عدسہ (ع) کا درمیانی فاصلہ گھٹ بڑھ سکتا ہے تاکہ جھری ٹھیک عدسہ کے ماسکہ پر رکھی جاسکے

اور عدسہ میں سے متوازی پنسل خارج ہو۔

منشور ا ب ج ایک دائری میز (د) پر رکھا جاتا ہے، جو انتصابی محور پر گردش کرسکتا ہے۔ میز کو عموماً ایک کلیمپ (پیچ) کے ذریعہ کسی بھی وضع میں حسب منشاء

شکل ۴۹

طیف پیما کا خاکہ

جکڑ دیا جاسکتا ہے۔ بعض اوقات ایک مماسی پیچ بھی مہیا ہوتا ہے تاکہ میز کو آہستہ حرکت دیجاسکے۔

متوازی شعاعوں کی پنسل منشور سے نکل کر عدسہ (ع) میں داخل ہوتی ہے اور پھر اس کے اصلی ماسکہ (و) پر جمع ہوجاتی ہے، جس سے جھری کا حقیقی خیال عدسہ (عَ) کے ماسکی مستوی میں تیار ہوتا ہے۔ مرکب چشمہ (ھ) کے پاس جب آنکھ رکھی جاتی ہے تو اس حقیقی خیال کا مجازی اور بڑا خیال نظر آتا ہے۔ عدسے (عَ) اور (ھ) ایک نلی میں بٹھائے ہوتے ہیں۔ یہہ دونوں ملکر آلہ کی دوربین بنتی ہے۔ جس انتصابی محور پر منشور کی

مینر کو گردشس دیجاتی ہے دوربین ہی اُسی کے گرد گھومتی ہے۔ اور مینر کی طرح، باندھنے کے پیچ اور مماسی پیچ سے مہیا ہوتی ہے۔

تجربہ ۶۲۔ طیف پیما کی ترتیب۔ طیف کو ٹھیک طور پر ترتیب دینے میں بہت احتیاط کی ضرورت ہوتی ہے۔ یہہ فرض کرلیا جاتا ہے کہ اُس کی بناوٹ میں کوئی نقص نہیں ہے اور جبلی ترتیبیں سب ٹھیک ہیں۔ پس یہاں صرف اس کی اہم مناظری ترتیبوں کا ذکر ہوگا۔

دوربین۔ دوربین کا چشمہ، عدسۂ میدان سے ایک معین چھوٹے فاصلہ پر رکھے ہوئے شخص کا بڑا خیال بنانے کی غرض سے استعمال ہوتا ہے۔ دوربین کی نلی میں اُس کو آگے یا پیچھے ہٹاسکتے ہیں۔ کسی یکساں منوّر سطح مثلاً روشن دیوار کی طرف دوربین کا منہ پھیرو اور چشمہ کو نلی میں حسب ضرورت خفیف سا آگے یا پیچھے سرکاؤ حتی کہ اُس کے صلیبی تار واضح نظر آئیں۔

ایسی حالت میں کہا جاتا ہے کہ چشمہ صلیبی تاروں پر ماسکہ پر لایا گیا ہے۔ مگر یہہ یاد رکھنا چاہیے کہ آنکھہ کی طاقت توفیق کی وجہ سے یہہ ترتیب بالکل ٹھیک انجام نہیں پاتی۔ تھوڑا سا نقص باقی رہ جاتا ہے۔ اب دوربین کو متوازی شعاعوں کو ماسکہ پر لانے کے لئے ترتیب دیا جائے، یعنے عدسۂ شخص یا دہانہ سے صلیبی

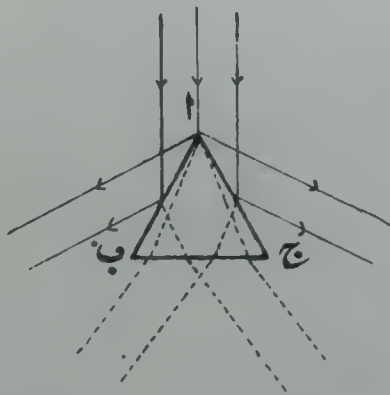
تاروں کا فاصلہ اس کے ماسکی طول کے مساوی کیا جائے۔ سہل ترین طریقہ یہہ ہے کہ دوربین ایک بہت دور کے شخص کو دیکھنے کے لئے ماسکہ پر لائی جائے۔

اس ترتیب کے بعد مشاہدہ کرنیوالا دور کے شخص اور صلیبی تاروں، دونوں کو ایک ساتھہ، بے تکلف (یعنی آنکھہ کا ماسکی طول تبدیل کئے بغیر) صاف دیکھہ سکتا ہے۔ صحت کے امتحان کے لئے طریقہ اختلاف منظر سے کام لیا جائے یعنی دوربین کے چشمہ کے عقب میں آنکھہ کو ایک طرف سے دوسرے طرف حرکت دیکر دیکھا جائے آیا دور کے شخص اور صلیبی تاروں میں کچھہ اضافی حرکت تو نہیں پائی جاتی۔ اضافی حرکت نہو تو ترتیب صحیح ہے۔

توازی گر۔ جھری کے پیچھے سوڈیم کا شعلہ (حسب ہدایت مندرجہ صفحہ ۱۵۸) کھڑا کرو۔ شعلہ کا روشن ترین حصہ جھری کے مقابل آنا چاہیئے۔ دوربین کو پھیر کر اس کے محور کو توازی گر کے محور کے ساتھہ ایک خط مستقیم میں رکھو۔ اب اگر دوربین میں سے دیکھو گے تو جھری کا زرد رنگ کا خیال نظر آئیگا، لیکن علی العموم اس کی وضاحت ٹھیک نہو گی۔ اور توازی گر کو ماسکہ پر لانا پڑیگا۔ اس کے لئے اُس کے عدسہ اور جھری کا درمیانی فاصلہ ٹھیک کرنا ہوتا ہے یہانتک کہ جھری کے کنارے صاف اور واضح نظر آئیں۔

جب ترتیب مکمل اور ٹھیک ہوگی صلیبی تاروں اور جھری کے کناروں میں اختلاف منظر نہونا چاہیئے۔ چونکہ قبل ازیں دوربین کو متوازی شعاعوں کو ماسکہ پر لانے کیلئے

ترتیب دیا گیا ہے اس لئے ضرور ہے کہ توازی گر کی جھری سے اب متوازی شعاعوں کی پنسل آئے۔

تجربہ ۶۳۔ طیف پیما سے منشور کے زاویہ کی پیمائش۔ جھری کو کافی کھولدو تاکہ توازی گر میں سے نور اچھی خاصی مقدار میں گزرے۔ منشور کو میز پر رکھو اور اس کا جو زاویہ ناپنا مقصود ہو اس کو توازی گر کے عدسہ کی طرف پھیرو۔ اس عدسہ میں سے اب متوازی شعاعیں نکل کر منشور کے پہلوؤں ا ب اور ا ج (شکل ۵۰) سے ٹکرائینگی۔ (واضح ہو کہ منشور کا زاویہ ب ا ج ناپا جا رہا ہے)۔ اور ہر پہلو سے کچھ کچھ نور منعکس ہوگا، جیسا کہ مسلسل خطوط کے ذریعہ بتایا گیا ہے۔ طالب علم بآسانی ثابت کر سکتے ہیں کہ ان منعکس پنسلوں کا درمیانی زاویہ منشور کے زاویہ کا دوچند ہے۔ توازی گر کے محور کے

شکل ۵۰
منشور کے زاویہ کی پیمائش

افقی مستوی میں آنکھہ کو منشور کے ایک پہلو مثلاً ا ب کے مقابل رکھہ کر دیکھنے سے اُس سے منعکس ہوکر آنے والی پنسل کی سمت دریافت ہوسکتی ہے۔دوربین کو پھیر کر اس سمت میں لاؤ اور اُس میں سے جھری کے خیال پر نظر رکھہ کر جھری کو تنگ بناؤ۔پھر دوربین کو ماسی پیچ کے ذریعہ آہستہ حرکت دیکر جھری کے خیال کو صلیبی تاروں سے منطبق کرو۔

مینر کے کسرپیما (یا کسرپیماؤں) کے ذریعہ دوربین کا محل پڑھکر قلمبند کرو۔چونکہ نشان نہایت باریک اور ایک دوسرے کے بہت نزدیک ہوتے ہیں اسلئے کسرپیماؤں پر گیس یا برقی چراغ کا نور منعکس کرنے کی ضرورت ہوگی۔ مینر یا منشور کو انکی وضعوں میں برقرار رکھہ کر دوربین میں دوسرے پہلو ا ج سے منعکس ہونیوالی پنسل معائنہ کرو اور پھر دوربین کا محل پڑھکر قلمبند کرلو۔اب دوربین کی دونوں وضعوں کا زاویہ میلان معلوم ہوجائیگا۔اور اُس کا نصف منشور کا زاویہ ($\hat{ا}$) ہوگا۔

اگر منشور کا تیسرا پہلو ب ج غیر شفاف نہو تو دوربین کو زاویۂ منشور کے ایک پہلو کے سامنے سے پھیر کر دوسرے کے سامنے لانے میں جھری کے عموماً ۴ خیال نظر آتے ہیں۔ ان میں سے دو تو نور کے انعکاس سے پیدا ہوتے ہیں جنکی وضع زاویہ کی پیمائش کے لئے معلوم کرنا ضروری ہے۔ دوسرے دو خیال منشور کی عقبی سطح (تیسرے پہلو یعنی ب ج) کے انعطاف سے پیدا ہوتے ہیں۔غلطی سے ان کو دیکھہ کر دوربین کے مقام نہ لکھہ لئے جائیں۔اگر پہلے خالی آنکھہ سے منعکس پنسلوں سے پیدا ہونے والے خیالوں کے مقام دیکھہ لئے

جائیں اور ان پر نگاہ رکھہ کر دوربین کو ٹہیک مقام پر پہیر کر لایا جائے تو متذکرۂ بالا غلطی سے بچنا بہت آسان ہے۔

جن شعاعوں کے انعطاف سے دوسرے دو خیال پیدا ہوتے ہیں شکل (۵۰) میں نقطہ دار خطوط کے ذریعہ بتائے گئے ہیں۔ اگر منشور کی عقبی سطح ب ج پر کاغذ جما دیا جائے یا سطح خود غیر شفاف بنا دیجائے تو انعطاف سے خیال نہ بن سکینگے۔ بعض اوقات منعکس خیال خالی آنکہہ کو صاف دکہائی دے سکتے ہیں، لیکن دوربین میں دکہائی نہیں دیتے۔ اس کی وجہ طیف پیما کی میز کی سطح کا نقص ہے۔ اگر اس کو ٹہیک مسطح نہ کیا جائے تو منعکس خیال کی پنسل یا تو اوپر کی طرف چلی جاتی ہے یا نیچے کی طرف یعنے دوربین کی نلی کے بازوؤں سے ٹکرا جاتی ہے، اس کے محور کے متوازی نہیں جاتی۔ ان صورتوں میں خالی آنکہہ سے خیال پر نگاہ رکہہ کر جب دوربین کو ٹہیک سمت میں پہرتے ہیں تو اُس کا چشمہ آنکہہ کے مستوی میں واقع نہیں ہوتا۔ اس لئے میز کو اس کے مسطح کرنے کے پیچوں کے ذریعہ ٹہیک وضع میں لانا چاہئے تاکہ خالی آنکہہ سے منعکس خیالوں کو جب دیکہتے ہیں تو آنکہہ دوربین کے چشمہ کے مستوی میں ہو۔ پہر ان پیچوں کو حسب ضرورت مناسب سمتوں میں پہیر کر میز کی سطح کو اس انداز سے ٹہیک کیا جائے کہ جہری کا خیال منشور کے دونوں پہلوؤں کے انعکاس سے دوربین کے میدان نظر میں ایسی جگہ واقع ہو جہاں منشور کے عدم موجودگی میں دوربین کو توازی گر کی سیدہ میں رکہہ کر دیکہنے سے نظر آتا ہو۔

تجربہ ۶۴۔ اقلّ انحراف کے زاویہ کی پیمائش۔

(أ) منشور کو طیف پیما کی میز پر اس طرح رکھو کہ زاویہ جو ابھی ناپا گیا ہے اس کا انعطافی زاویہ ہو۔ یعنی شکل (۴۹) کی وضع میں رکھو تاکہ نور کی پنسل اس کے پہلو اب پر واقع ہو کر بعد انعطاف پہلو اج سے خارج ہو اور دوربین میں داخل ہو۔ منشور کو میز پر رکھتے وقت یہہ بات پیش نظر رہنی چاہیئے کہ توازی گر سے جس قدر نور بہم پہنچ سکتا ہو دوربین میں داخل ہو۔ اس کا بہترین طریقہ یہہ ہے کہ منشور کا انعطافی کنارہ میز کے مرکز پر رکھا جائے۔

دوربین کو پھیر کر جس سمت میں لانا چاہیئے اس کو معلوم کرنے کے لئے پہلے دوربین کو ایک طرف پھیر کر رکھدو، پھر ایک آنکھ سے منشور کے پہلو اج پر نگاہ دوڑاؤ حتی کہ جھری کا خیال (جو منشور کے انعطاف سے پیدا ہوتا ہے) دکھائی دے۔ ابتداءً اس خیال کی تلاش کے لئے جھری کو کشادہ کردو۔ جب خیال نظر آئے، سر کو حرکت نہ دیکر دوربین کو اس سمت میں پھیر لو۔ اب جب دوربین میں سے دیکھو گے تو میدان نظر میں جھری کا خیال صاف دکھائی دیگا۔

منشور میں سے گزرتی ہوی، نور کی شعاعیں منحرف ہوگئی ہیں۔ زاویہ انحراف، وہ زاویۂ حادّہ ہے جو توازی گر اور دوربین کے محوروں کے تقاطع سے بنتا ہے۔ جب منشور میں سے شعاعیں متشاکلاً گزرتی ہیں تو یہہ زاویہ اقلّ ہو جاتا ہے۔

اقلّ انحراف کی وضع دریافت کرنے کے لئے دوربین، جھری کے خیال پر نگاہ رکھو اور منشور کی میز کو ایسی سمت میں پھیر دو کہ یہہ خیال توازی گر کے محور کی سمت ی ع۔ شکل (۴۹) سے قریب تر ہوتا جائے۔ ممکن ہے کہ دوربین

کو ہی اُس سمت میں پہیرنے کی ضرورت پیش آئے تاکہ جھری کا خیال اُس کے میدان نظر میں قائم رہے۔ بالآخر منشور کی میز کے لئے ایک ایسی وضع دستیاب ہو گی کہ جھری کا خیال توازی گر کے محور سے اور زیادہ قریب ہو سکیگا۔ یہہ اقلّ انحراف کی وضع ہوگی۔

اب دوربین کو پہیر کر جھری کے خیال کو اُسی کے میدان نظر کے تقریباً بیچ میں لاؤ اور باندہنے کے پیچ کے ذریعہ سے اُس کو جکڑ دو۔ پہر جھری کو جسقدر تنگ کر سکتے ہو کرو۔ اور منشور کو اُس کے اقلّ انحراف کی وضع میں سے آہستہ آہستہ کئی بار مخالف سمتوں میں پہیرو۔ اس کے بعد دوربین کے اُس پیچ کو گردش دو جس سے دوربین کو آہستہ حرکت پہنچتی ہے، یہانتک کہ جب منشور کو پہیرو گے تو اُس کی گردش سے جھری کا خیال ایک طرف سے بتدریج حرکت کرتا ہوا اگر صلیبی تاروں کے انتصابی تار سے دو مساوی حصوں میں کٹا ہوا نظر آئے اس سے اور زیادہ پہیرنے سے خیال جدہر سے آیا تہا اودہر ہی واپس لوٹ جائیگا۔ بہرحال اُس کا خط تنصیف انتصابی تار سے آگے نہ بڑہنے پائے۔ اس حالت میں دائری پیمانہ پر کسر پیماؤں کے ذریعہ دوربین کا محل پڑھ لو۔

اب منشور کو طیف پیما کی میز پر سے اٹھا لو۔ اور دوربین کو پہیر کر اس کے محور کو توازی گر کے محور کی سیدہ میں لاؤ تاکہ جھری کا خیال بغیر انحراف، راست، صلیبی تاروں پر آجائے۔ اس وضع میں دوربین کو باندہنے کے پیچ سے جکڑ دو اور حماسی پیچ سے آہستہ حرکت دیکر ٹہیک وضع میں لاؤ۔ کسر پیماؤں کے ذریعہ اس کا

محل دائری پیمانہ پر دیکھ لو۔
اس وضع اور اقلّ انحراف کی وضع میں جو تفاوت ہوگا زاویہ اقلّ انحراف (ح) ہے۔
منشور کے مادّے کا انعطاف نما اب اس ضابطہ سے شمار کیا جاسکتا ہے :

$$
\text{م} = \frac{\text{جب} \langle \frac{1}{2} (\text{ا} + \text{ح})}{\text{جب} \langle \frac{1}{2} (\text{ا})}
$$

اس طریقہ سے مائع کا انعطاف نما بھی دریافت ہوسکتا ہے۔ اس کے لئے کھوکھلا منشور چاہیئے جس کے پہلو صحیح متوازی شیشے کے ہوں۔

طیوف کے نقشوں کی تیاری

جب طیف خطی ہوتا ہے تو اُس کے کسی خط کا محل طیف میں دریافت کرنے کے لئے یا تو اُس خط کو دوربین کے صلیبی تاروں پر ماسکہ پر لاکر دوربین کا محل معلوم کرلیا جاتا ہے، یا ایک پیمانہ کو دوربین کے میدانِ نظر میں منشور کے دوسرے پہلو سے منعکس کراکر اس خط کا اُس پیمانہ پر محل معلوم کرلیا جاتا ہے۔ ہر دو صورتوں میں منشور قائم رکھا جاتا ہے یعنے اُس کو حرکت نہیں دیجاتی۔ بعض آلوں میں جو مستقل انحراف کے طیف پیما کہلاتے ہیں، دوربین غیر متحرک ہوتی ہے، اور منشور کو گردش دیکر طیوف کو یکے بعد دیگرے دوربین کے صلیبی تاروں پر ماسکہ پر لاتے ہیں۔ منشور کی گردش کے زاویہ سے خط کے

محل کی نشاندہی ہوتی ہے۔
اگر منحنی کھینچ کر ان خطوط کے طول موج اور انکے محلّوں میں تعلق بتایا جائے تو ایسا منحنی طیف کا نقشہ یا طیف پیما کا تعییری منحنی کہلاتا ہے۔ ایسے نقشہ سے کسی خط کا طول موج دریافت ہوسکتا ہے اگر اُس کے محل کی تعیین ہوجائے۔

طول موج بالعموم انگسٹروم کی اکائیوں (۱ A) میں یا دسُوا میتروں (۱۰^-۱۰ میتر یا ۱۰^-۸ سنتی میتر) میں ناپے جاتے ہیں۔ ان کے علاوہ ایک اور اکائی جو انگسٹروم کی اکائی کے دہ چند ہے یعنی میکرو ملی میتر (ا مر مر ملی میتر = ۱۰^-۷ سنتی میتر) مروّج ہے۔

تجربہ ۶۵۔ طیوف کے نقشہ کی تیاری۔ طیف پیما کو تجربہ (۶۲) کی طرح ترتیب دو اور سوڈیم کے شعلہ کو مبداء نور بناکر منشور کو اقلّ انحراف کی وضع میں لاؤ جیساکہ تجربہ (۶۴) میں سمجھایا گیا ہے۔ منشور کو اس وضع میں باندھنے کے پیچ سے جکڑ دو۔

جب ایک علٰحدہ توازی گر نلی میں فوٹوگرافک (ضیانگاری) پیمانہ کو جماکر طیوف کے محل کی تعیین کیجاتی ہے تو نلی کو اس طرح رکھنا چاہیئے کہ پیمانہ کا (جس پر ایک چھوٹے لمپ سے نور ڈالا جاتا ہے) منشور کے پہلو سے انعکاس ہو کر دوربین کے ماسکی مستوی میں خیال پیدا ہو۔ جب یہ طریقہ استعمال نہیں

ہوتا ہے تو دوربین کے کمر پیما کے ذریعہ اس کا محل معلوم کرلیا جائے۔

سوڈیم کا طیفی خط معیاری سمجھا جائے اور دوسرے خطوط کے محل کی تعیین اس کے لحاظ سے ہونی چاہئے۔ کافی طاقت کے طیف پیما میں سوڈیم کا خط جب معائنہ کیا جاتا ہے تو دو، ایک دوسرے سے بالکل قریب باریک خطوں پر مشتمل، نظر آتا ہے۔ ان خطوں کو (D) کے خط کہتے ہیں۔

بعض فلزات کے نمکوں کو بنسن کے شعلہ میں پلاطینم کے تار پر پکڑتے ہیں تو نمک فرار ہوکر فلزات کے طیوف پیدا ہوتے ہیں۔ شیشہ کی ایک چھوٹی سلاخ یا نلی کے سرے کو گلاکر پلاطینم کا تار اس میں جوڑ دیا جائے اور تار کے سرے کو ہائیڈرکلورک ایسڈ میں ڈبوکر صاف کیا جائے۔ پھر شیشہ کی ڈنڈی کو پکڑکر تھوڑا سا نمک پلاطینم کے تار کے ذریعہ گیس کے غیر منور شعلہ میں داخل کیا جائے اور طیف پیما کی مدد سے طیف کے متعدد خطوط کے محل دریافت کئے جائیں۔ ہر نئے نمک کا تجربہ کرنے سے پہلے تار کو شعلہ سے باہر نکالتے ہی فوراً ایسڈ میں ڈبوکر صاف کرلیا جائے۔ اس کے لئے لیتھیم کلورائیڈ، تھیلیم کلورائیڈ، پوٹاسیم کلورائیڈ موزوں نمک ہیں۔ ملاحظہ ہو ضمیمہ کتاب صفحہ (۱۹۲)۔

بنسن کے شعلہ میں پوٹاسیم کا نمک پکڑنے سے دو خط نظر آئینگے، ایک طیف کے سرخ حصہ میں ہوگا اور دوسرا بنفشئی کے آخری حصہ میں۔ آخرالذکر کے معائنہ کے لئے دوربین کو بنفشئی حصہ کے آخری کنارہ کے قریب پھیر کر لیجانا ہوگا، اور نمک شعلہ میں داخل ہوتے ہی فوراً

مشاہدہ کرنا چاہیئے ورنہ یہہ خط دکہائی نہ دیگا۔ اس لئے یہاں دو شخصوں کی ضرورت ہوتی ہے، ایک نمک شعلہ میں داخل کرنے کے لئے، دوسرا بنفشئی خط کو دوربین میں دیکھنے کے لئے۔ بجائے پوٹاسیم کلورائیڈ کے شورہ (پوٹاسیم نائٹریٹ) بہی استعمال ہوسکتا ہے۔

سٹرونشیم کلورائڈ ایک تیز آسمانی رنگ کا خط، طول موج ۴۶۰۷ انگسٹروم کی اکائی (۱'۱) کا دیتا ہے۔ بیریم اور کیلسیم کے کلورائڈ متعدد خطوط دیتے ہیں جن کی شناخت تعیری منحنی کہینچنے کے بعد ہوسکتی ہے۔

شرارہ کے طیوف کا بہی مشاہدہ ہوسکتا ہے۔ جس فلز کا شرارہ کا طیف دیکہنا مقصود ہو اس کی دو چہوٹی سلاخوں کو ایک امالی لچھے کے قطبی تاروں سے باندہ کر سلاخوں کے سروں میں سے شرارہ کی شکل میں برقی بار کا اخراج عمل میں لایا جائے۔ برقی گنجائش اور امالیت کو بہی دوربین شامل کیا جاسکتا ہے ان سے طیف کے خطوط پر اثر پڑتا ہے۔ برقی گنجائش شامل کرنیکا طریقہ یہہ ہے کہ ایک مجوزلائڈن کے مرتبان کے اندرونی اور بیرونی فلزی استروں کو بالترتیب شرارہ کے درز کے سروں سے ملادیا جائے۔

گیسوں کے طیوف، ان کی خلائی نلیوں، میں سے (جو دراصل نلیوں کو ان گیسوں سے بہرنے کے بعد اس حد تک خالی کردی جاتی ہیں کہ انکا دباؤ بہت قلیل ہوجاتا ہے نہ کہ صفر) امالی لچھے کا برقی بار خارج کرکے معائنہ کئے جاسکتے ہیں۔

جذبی طیوف کے لئے جہری کو تیز سفید نور سے روشن کر کے جاذب شئے کو جہری کے سامنے رکھدیتے ہیں تاکہ نور کی شعاعیں جہری میں داخل ہونے سے پہلے جاذب شئے میں سے گزر

جائیں - اس طریقہ سے خون کے رقیق محلول اور کلوروفل (پتوں کے سبز لونی مادّہ) کی الغولی محلول کے طیوف کا معائنہ کیا جائے - ایوڈین کی چند قلموں کو ایک شیشہ کی نلی میں گرم کرکے جھری کے سامنے پکڑ نے سے اس کے بخارات اٹھہ کر نور کے بعض حصوں کو جذب کر لیتے ہیں، جس سے طیف میں متعدد سیاہ خطوط اور بند نظر آتے ہیں - انکا بھی معائنہ کیا جائے اور سیاہ خطوط وغیرہ کے محل معلوم کرلئے جائیں -

آفتاب کے نور کو آئینہ کے ذریعہ طیف پیما کے توازی گر میں منعکس کرو - آفتاب کے (اور نیز زمین کے) کرۂ ہوائی میں نور کے جذب ہونے سے فراؤن ہوفر کے جو باریک سیاہ خطوط پیدا ہوتے ہیں، انکا مشاہدہ کرو اور ان میں سے چند مناسب خطوط کے محل بھی قلمبند کرلو - مربعدار کاغذ پر ایک منحنی کھینچ کر ان کے محل (جو پیمانہ پر پڑھے گئے ہیں) اور انکے طول موج میں تعلق بتاؤ - یہہ طیف پیما کے منشور کا

ادراجی منحنی (یعنی انٹرپولیشن کا منحنی) کہلاتا ہے -

اس کے ذریعہ منور خطوط اور جذبی بندوں کے حدود وغیرہ کے طول موج کی تعیین ہوسکتی ہے -

آٹھواں باب

ضیا پیمائی

فصل (۱)۔ عام اصول

طبیعیات کا وہ شعبہ جو کسی مبداء نور کے نور دینے کی طاقت یا حدت تنویر کی تخمین سے متعلق ہے ضیا پیمائی کہلاتا ہے۔ عام طور پر طاقت تنویر کی اکائی "بتی طاقت" مروج ہے۔ اور کسی مبداء کی حدت تنویر کا جب شمار ہوتا ہے تو یہہ بتایا جاتا ہے کہ وہ کتنی معیاری بتیوں کے مساوی ہے، یعنے ایسی کتنی بتیاں اس کے مساوی مقدار میں نور دے سکتی ہیں۔

معیاری بتی مچھلی کی چربی سے بنائی جاتی ہے، اس کا قطر ⅞ انچ ہوتا ہے، وزن پونڈ کا چھٹا حصہ، اور جلنے کی شرح ۱۲۰ گرین فی ساعت۔ علمی نقطہ نظر سے یہہ معیار ناقص ہے، اس لئے دوسرے معیاری مبداء مثلاً پنٹین کا چراغ استعمال کئے جاتے ہیں۔ سہل ترین معیار شاید کہ منور تار کا برقی چراغ ہے جو کسی معین اور مستقل تفاوت قوہ یا اولٹ پر روشنی دیتا ہے۔ پنیٹن کے چراغ کی طاقت

تنویر کے دسویں حصہ کو بین الاقوامی بتی طاقت کہتے ہیں۔
کسی سطح کی حدت تنویر (یا مختصراً محض تنویر) ناپنے کی اکائی 'لکس' کہلاتی ہے۔ اکائی حدت کے نقطاوی مبداء نور سے جب ایک میٹر دور سطح پر عمودی تنویر ہوتی ہے تو اُس کو ایک لکس تصور کرتے ہیں۔
برطانیہ میں حدت تنویر کی اکائی ایک 'فٹ بتی' مستعمل ہے، جو ایک معیاری بتی سے ایک فٹ دور کی سطح پر عمودی تنویر ہے۔
ضیا پیمائی کی اصطلاح میں 'نوری نفاذ' سے مراد وہ نور ہے جس کا فی اکائی وقت (ایک ثانیہ) مبداء نور سے نفاذ وقوع میں آتا ہے۔ نور کے نفاذ کی اکائی وہ نفاذ ہے جو فی اکائی زاویۂ مجسم اکائی حدت کے مبداء سے وقوع میں آتا ہے۔ اس کو اصطلاح میں ایک 'لومن' کہتے ہیں۔
ہماری آنکھ اس قابل نہیں ہے کہ حدت تنویر کی راست (یعنی محض مبداؤں کو دیکھ کر) ذرا بھی صحیح تخمین کر سکے۔ اسواسطے کہ پردۂ عنبیہ کا قطر حدت نور کے لحاظ سے تبدیل ہوتا ہے۔ اس کے علاوہ اور بھی اسباب ہیں جو زیادہ تر فزیالوجی اور سائکالوجی سے متعلق ہیں۔ پس حدت تنویر کی تخمین کے لئے طبیعی آلون سے مدد لینے کی ضرورت ہوتی ہے۔ اس قسم کا آلہ 'ضیا پیما' کہلاتا ہے۔

ضیا پیما کا استعمال اس پر مبنی ہے کہ اس کو ترتیب دیکر دو سطحوں پر مساوی حدت تنویر پیدا کیجائے۔ چونکہ حدت کی مساوات کا امتحان کیا جاتا ہے اس لئے اسبارہ میں آنکھہ کی رائے قابل اعتماد ہوسکتی ہے۔ ایک ہی رنگ کے اگر نور ہوں تو مشق کرنے سے اس حد تک مہارت ہوسکتی ہے کہ ۵ء۰ فی صد تک صحیح نتائج برامد ہوسکتے ہیں۔ لیکن اگر مختلف رنگ کے نور کا مقابلہ کیا جاتا ہے تو اس درجہ صحت کی توقع نہیں کیجاسکتی۔ ایسی صورت میں آنکھوں کو آدہا بند کرکے دونوں منور سطحوں کی تنویروں کا مقابلہ کرنا بہت زیادہ سہل معلوم ہوتا ہے۔ واضح ہو کہ کسی سطح کی حدت تنویر معائنہ کرنے کے بعد ایک ثانیہ کی قلیل مدت تک بھی اُس کا صحیح اندازہ یاد رکھنا ممکن نہیں ہے، اسلئے جن دو سطحوں کی حدت تنویر کا مقابلہ کیا جاتا ہے ان کو ایک ساتھہ وقت واحد میں دیکھنا ضروری ہے۔ یا نہیں تو ٹمٹماہٹ والے ضیا پیما کی طرح ان کو یکے بعد دیگرے جلد جلد باری باری سے بدل کر دیکھنا چاہیئے۔ ایک اور دقت یہہ ہے کہ جب ایسی دو سطحوں کے مابین ایک جداگانہ حدت تنویر کی پٹی حائل ہوتی ہے تو تخمین کی صحت بہت کم ہوتی ہے لہذا دونوں سطحیں ایک دوسرے سے بالکل متصل ہونی چاہئیں اور ان پر ایک ہی وقت تنویر ہونی چاہیئے۔

چھوٹے قد کے مبداء سے جب کسی سطح پر روشنی پڑتی ہے تو اس کی حدت تنویر مبداء سے اس کے فاصلہ کے مربع کے بالعکس بدلتی ہے۔ پس اگر بتی طاقت (ط) کا

ایک مبداء کسی سطح سے فاصلہ (ف) پر واقع ہے تو سطح کی حدت تنویر کی پیمائش $\frac{ط}{(ف)^2}$ سے ہوگی۔

پس اگر کسی سطح کے دو حصوں کی حدت تنویر $ط_1$ اور $ط_2$ بتی طاقت کے مبداء سے بالترتیب $ف_1$ اور $ف_2$ سنتی میتر فاصلوں پر مساوی ہوتی ہے تو

$$\frac{ط_1}{(ف_1)^2} = \frac{ط_2}{(ف_2)^2}$$

اگر ($ط_2$) معلوم ہو اور ($ف_1$) اور ($ف_2$) کی پیمائش کیجائے تو بتی طاقت ($ط_1$) شمار کرلی جاسکتی ہے کیونکہ

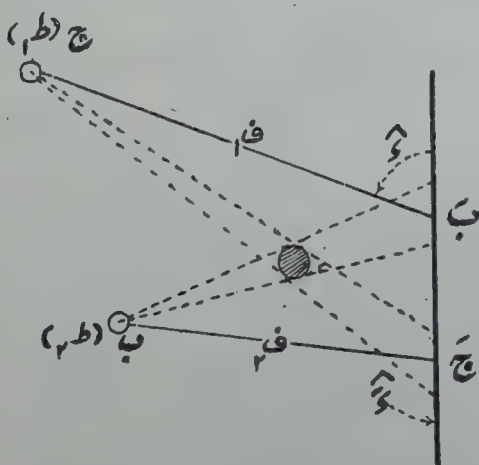
$$ط_1 = ط_2 \left(\frac{ف_1}{ف_2}\right)^2$$

فصل (۱)۔ضیاپیمائی تجربے

رمفورڈ کا (یا ضلّی) ضیا پیما۔

اس آلہ کا اصول یہہ ہے کہ ایک سفید غیر مجلّا کاغذ کے تاؤ کو، دونوں مبداء نور کے سامنے رکھہ کر کاغذ کو اُسی طرف سے دیکھتے ہیں جدھر مبداء واقع ہیں یا ایک نیم شفاف پردہ کے ایک جانب دونوں مبداء نور رکھے جاتے ہیں اور اُس کے مخالف جانب سے معائنہ کیا جاتا ہے۔ دونوں صورتوں میں منور سطح کے ایک حصہ کو صرف ایک مبداء سے نور پہنچتا ہے اور دوسرے سے نہیں، اسی طرح دوسرے حصہ کو دوسرے مبداء ہی سے نور پہنچتا ہے پہلے کے مبداء سے نہیں پہنچتا۔ اس

غرض سے سطح کے سامنے ایک غیر مجلا سلاخ ایسی جگہ کھڑی کردی جاتی ہے کہ اس کا ایک مبداء کی روشنی میں جو سایہ پیدا ہوتا ہے، پردہ پر دوسرے مبداء کی روشنی کے سایہ کے بازو واقع ہو یہہ سائے ایک دوسرے کے

شکل ع۱۵

رمفورڈ کا ضیا پیما۔

متصل ہونے چاہئیں، نہ کہ باہمدیگر متراکب، اور نہ اتنا دور ہٹے ہوے کہ ان کے مابین سطح کے کچھہ حصہ کو دونوں مبداؤں سے نور پہنچتا ہو۔ شکل (۱۵) میں سائے محض صراحت کی غرض سے ہٹاکر بتائے گئے ہیں۔

ایک مبداء سے سلاخ کا سایہ دوسرے مبداء کے نور سے منور ہوتا ہے، اور جب سائے مساوی گہرے ہوتے ہیں تو سطح پر دونوں مبداؤں کی حدت تنویر بھی مساوی ہوتی ہے۔

تجربہ ع۶۶۔ رمفورڈ کا ضیا پیما۔ اندھیرے

کمرہ میں ایک سلاخ کو انتصابی وضع میں ضیا پیما کے پردہ کے سامنے کھڑا کردو - ایک گیس کے چراغ (یا برقی چراغ) کی طاقت تنویر کا موم بتی کی طاقت سے مقابلہ کرو - پہلے موم بتی کو پردہ سے کسی قدر قریب رکھو اور دوسرے مبداء کے لئے (بعد آزمائش) ایسا مقام دریافت کرو کہ پردہ پر دونوں سائے ایک دوسرے سے متصل اور مساوی سیاہی کے نظر آئیں - اس کا بھی لحاظ رہے کہ مبداؤں کو سلاخ سے ملانیوالے خطوط کا میلان پردہ پر مساوی ہو - یعنے شکل (۵۱) میں زاویئے (ی) اور (یَ) قریب قریب مساوی ہوں - پھر مبداؤں سے پردہ تک کے فاصلے $ف_۱$، $ف_۲$ ناپ لو اور چراغ کی بتی طاقت شمار کرو - یہی تجربہ موم بتی (اور چراغ) کا فاصلہ پردہ سے تبدیل کرکے کئی مرتبہ دوہراؤ اور نتائج کا اوسط نکالو -

بنسن کا (یا داغدار) ضیا پیما -

اس آلہ کا اصول یہہ ہے کہ کاغذ کے ایک سفید غیر مجلاّ پردہ کا کچھہ حصہ صاف اور سفید برافینی موم پگھلاکر ڈالنے سے نیم شفاف بنا دیا جاتا ہے - اس کے ایک جانب معیاری مبداء

شکل (۵۲) - بنسن کا ضیا پیما -

نور سے روشنی پہنچتی ہے، اور دوسرے جانب ایک دوسرے مبداء سے جس کی طاقت تنویر ناپی جارہی ہو۔

[تنبیہ منجانب موئفان کتاب۔ شیپرڈ کی فوٹو کمسٹری میں داغدار ضیا پیما بنانے کے لئے یہہ طریقہ بتایا گیا ہے:۔ ایک اچھے متجانس کاغذ کے ٹکڑے کو تہالی پر رکھہ کر یکساں حرارت پہنچائی جائے۔ کچھہ سٹیرین کو پگھلاکر ایک باریک برش اس میں ڈبویا جائے۔ اور برش سے فوراً اس کاغذ کے بیچ میں ایک چھوٹا حلقہ بنایا جائے۔ جب حلقہ ٹھنڈا ہو جائے گا اس کے حدود کے اندر چربی یا موم سے آزاد ایک حصہ بچ رہیگا۔ اُس کو پگھلے ہوے برافین سے بھر کر خوب دبایا جائے تاکہ برافین کاغذ میں اچھی طرح سرایت کر جائے۔ قبل ازیں جو حلقہ بنایا گیا اُس سے برافین کے داغ کے حدود کی تصریح ہو جاتی ہے۔]

اب فرض کرلیا جاتا ہے کہ پردہ کا غیر مجلّا حصہ واقع نور کو بالکلیّہ منعکس کرتا ہے، اور نیم شفاف حصہ صرف اُسکی ایک معیّن کسر (مثلاً $\frac{1}{ن}$) کو منعکس کرتا ہے اور باقی کو اپنے میں سے پار گزر جانے دیتا ہے۔ اگر پردہ کے ایک جانب تنویر کی حدت $\frac{ط_1}{(ف_1)^2}$ ہے اور دوسرے جانب $\frac{ط_2}{(ف_2)^2}$ تو پردہ کے داغدار حصہ کی روشنی اُس کے باقی حصہ کے روشنی کے مساوی ہوگی، جبکہ

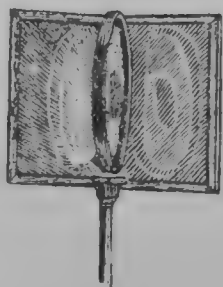
$$\frac{ط_1}{(ف_1)^2} = \frac{1}{ن}\,\frac{ط_1}{(ف_1)^2} + \left(1 - \frac{1}{ن}\right)\frac{ط_2}{(ف_2)^2}$$

یعنے جبکہ $\frac{ط_۱}{(ف_۱)^۲} = \frac{ط_۲}{(ف_۲)^۲}$

اس سرسری تحقیق کے بموجب برافین کا داغ پردہ کے
کسی جانب سے بھی دیکھا جائے تو نظر سے غائب ہو جانا چاہیئے۔
لیکن یہہ یاد رہے کہ نیم شفاف داغ میں سے نور کا کچھہ حصہ
جذب ہو جاتا ہے۔ پس اگرچہ ممکن ہے کہ ایک جانب سے
دیکھنے میں داغ اور پردہ کی باقی سطح میں تقریباً کوئی امتیاز نہ رہے،
دوسرے جانب سے ضرور کچھہ فرق نظر آئیگا۔

اس لئے عملاً مبداؤں کے فاصلوں کو اس طرح ٹھیک
کیا جاتا ہے کہ دونوں جانب سے پردہ کا داغ اس کے باقی
حصہ کی بہ نسبت مساوی کم روشن نظر آتا ہے۔

پردہ کے دونوں جانب ۶۰° کے میلان سے دو مستوی
آئینے لگا دئیے جاتے ہیں، تاکہ وقت واحد میں پردہ کی دونوں
سطحیں دیکھی جاسکیں۔

شکل ۵۳
بنسن کے ضیا پیما کا سرا

چونکہ یہہ معلوم کرنے میں
کسقدر دقت پیش آتی ہے کہ
داغ پردہ کے باقی حصہ کی
بہ نسبت کب مساوی درجہ کم
روشن ہوتا ہے ایک دوسرا
طریقۂ عمل ہی ممکن ہے:۔ غیر
معلوم طاقت کا مبداء پردہ
سے ایسے فاصلہ پر ترتیب دیا جائے
کہ معیاری مبداء کی طرف سے دیکھنے سے داغ اور پردہ

کے باقی حصہ میں تقریباً کچھہ بھی فرق نہ پایا جائے ۔ یہہ فاصلہ ف۱ ناپ لیا جائے ۔ پھر اُسی مبداء کو ایسے فاصلہ پر ترتیب دیا جائے کہ اس کی طرف سے دیکھنے سے داغ اور باقی پردہ میں فرق نہ پایا جائے ۔ دوران تجربہ معیاری مبداء اور پردہ دونوں اپنے مقاموں سے ہٹائے نہ جائیں یعنی ف۲ مستقل رکھا جائے ۔ اگر غیر معلوم مبداء کا فاصلہ پردہ سے اب فَ۱ ہو تو اس کی طاقت تنویر ط۱ اس مساوات سے شمار کیجا سکتی ہے ۔

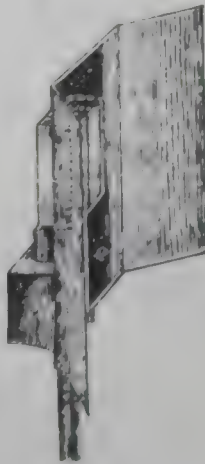
$$ط_1 = ط_2 \frac{(ف_1)^2 + (فَ_1)^2}{2(ف_2)^2}$$

یہہ طریقہ پہلے طریقہ سے نسبتاً آسان ہے ۔

تجربہ ۷۶ ۔ بنسن کا ضیا پیما ۔ اس آلہ سے ایک برقی چراغ کی طاقت تنویر کا ایک موم بتی سے مقابلہ کیا جائے، اور پھر اُسی موم بتی سے ایک گیس کے شعلہ کا مقابلہ کیا جائے ۔ نتائج کی صحت معلوم کرنے کے لئے گیس کے شعلہ کا راست برقی چراغ سے مقابلہ کیا جائے ۔

اگر ممکن ہو تو ایک ایسی ٹیکن استعمال کرو جس پر تین موم بتیاں ایک دوسرے سے قریب جمائی جا سکیں ۔ اور ایک، دو اور پھر تین موم بتیوں کا باہمدیگر مقابلہ کرکے اس تجربہ میں فیصدی کیا خطا ممکن ہے دریافت کیجائے ۔

جولی کا ضیا پیما

تقریباً ۵ × ۲ × ۱ اسم کے، برافین کے دو مستطیل کندوں کے سب سے بڑے پہلو، کتھل کی پتلی پرت بیچ میں رکھکر ملا دئیے جاتے ہیں۔ اور ان کے دونوں بازو نور کا ایک ایک مبداء (جنکا مقابلہ مقصود ہو) رکھا جاتا ہے۔ اس سے ایک کندے کو ایک مبداء سے نور پہنچتا ہے اور دوسرے کو دوسرے مبداء سے۔ مشاہدہ کرنیوالا ان کندوں کو ایک بازو سے معائنہ کرتا ہے، (شکل ۵۴)۔ اور جس ٹیکین پر وہ رکھے جاتے ہیں اس کو حسب ضرورت

شکل ۵۴۔
جولی کا برافینی موم والا ضیا پیما

ہٹاکران کے لئے ایسا مقام دریافت کرلیتا ہے کہ کتھل کا ورق جن پہلوؤں کے درمیان حائل ہے دونوں مساوی روشن نظر آتے ہیں۔ مشاہدہ کے وقت ضرور ہوگا مبداؤں سے راست آنیوالی شعاعیں مناسب پردوں کے ذریعہ روک دیجائیں۔

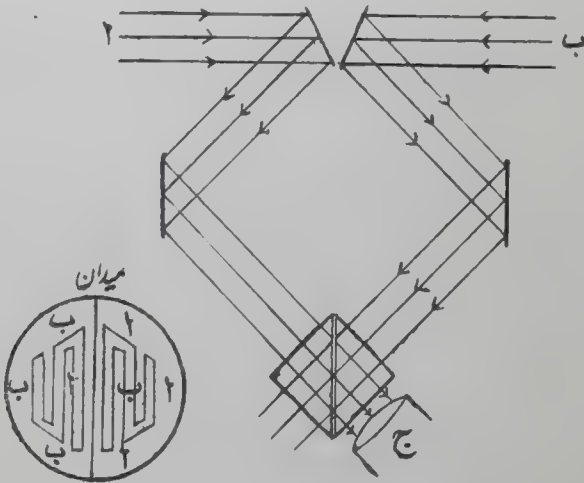
تجربہ ۶۸ - جولی کا ضیا پیما۔ ضیا پیما کو ایک لمبے مناظری تختہ پر جماؤ اور اُس کے ذریعہ ایک روشن گیسی لمپ کی بتی طاقت کا ایک برقی لمپ کی طاقت سے مقابلہ کرو۔ ایک لمپ کو مختلف مقاموں پر رکھہ کر دوسرے لمپ کے مقام بالترتیب ٹھیک کئے جائیں اور ان کے نتائج سے تنویری طاقتوں کی اوسط نسبت نکالی جائے۔ ان پیمائشوں میں فیصد کیا خطا ممکن ہے اُس کی بھی تخمین ہو۔

لمرؔ- برودھوں کا ضیا پیما۔

شوان کے منشوری ضیا پیما (۱۸۵۹) اور اس ضیا پیما کے اہم اجزاء تقریباً ایک ہی ہیں۔ جن مبداؤں کی طاقتوں کا مقابلہ کیا جاتا ہے دو آئینوں پر النسبے ½ ۲۲° میلان سے نور کی پنسلیں ٹکراتی ہیں۔

خود آئینوں کا زاویہ میلان ۴۵° ہے۔ پنسلیں ان مائل آئینوں سے ٹکرانے کے بعد دو اور آئینوں سے منعکس ہوتی ہیں اور شیشہ کے ایک کندے میں داخل ہوتی ہیں، جو دو قائم الزاویئی منشوروں پر مشتمل ہوتا ہے۔ منشوروں کے وتر کے وسطی حصے کناڈا بلسان سے جوڑ دیئے جاتے ہیں، لیکن حاشیوں پر ہوا کی جھلّی مائل ہوتی ہے (ملاحظہ شکل ۵۵)۔

تجربہ کرنے والا ایک منشور کے قاعدہ کو دوربین (ج) میں سے دیکھتا ہے۔ مبداء (۱) کا نور بلسان میں سے سرایت کرتا ہے لیکن ہوائی جھلّی سے بالکلیہ منعکس ہوجاتا ہے۔

مبداء (ب) کا نور بھی ہوائی جھلی سے بالکلیہ منعکس ہوتا ہے، لیکن بعد انعکاس دوربین میں (ا) سے آنیوالے نور کے متوازی داخل ہو جاتا ہے۔ پس دوربین میں نور کی ایک

شکل ۵۵

لمر۔ بروڈہون کا ضیاپیما

مرکب پنسل داخل ہوتی ہے جس کے حاشیہ میں صرف (ب) کی شعاعیں ہوتی ہیں اور وسطی حصہ میں صرف (ا) کی شعاعیں وضاحت کی غرض سے میدان کا نقشہ کسیقدر پر تکلف بنایا جاتا ہے۔

دونوں منشوروں کے انعطاف نما کے مساوی انعطاف نما کا بلسان استعمال کرنے سے جوڑ کے پاس نور کا انعکاس

نہیں ہوتا ہے اور جو روشنی منتقل ہوتی ہے جذب ہونے نہیں پاتی، اس لئے بنسن کے ضیا پیما میں جو دقت پیش آئی ہے یہاں اُس کا ارتفاع ہو جاتا ہے۔ لہٰذا اُس آلہ کے ذریعہ نہایت باریکی کے ساتھہ ضیا پیمائی ممکن ہے چنانچہ ضیا پیمائی معملوں میں اس کو بکثرت استعمال کرتے ہیں۔

تجربہ ۶۹۔ لمر برو ڈہوں کا ضیا پیما۔ اس ضیا پیما کو مناظری تختہ پر ترتیب دو اور اُس کے ذریعہ ایک گیس کے شعلہ اور برقی قندیل کی بتی طاقت دریافت کرو۔ نتیجہ کی تنقیح کے لئے دونوں مبداؤں کا راست مقابلہ کرلو۔ اور ان پیمائشوں میں فیصد کیا خطا ممکن ہے اس کی بھی تخمین کرو۔

فصل (۳) تنویر کی پیمائش

کسی سطح کی تنویر ناپنے کے لئے تنویری ضیا پیما استعمال ہوسکتا ہے۔ یہہ آلہ ایک مقام سے دوسرے مقام پر باآسانی منتقل ہوسکتا ہے۔ اس میں ایک پردہ ہوتا ہے جس کو ایسی جگہ رکھہ سکتے ہیں جہاں کی تنویر ناپی جاتی ہے۔ اُس کے متصل کی ایک سطح کو ایک معیاری مبداء نور سے منور کرکے دونوں سطحوں کو ایک ساتھہ معائنہ کرتے ہیں۔ معیاری مبداء عموماً ایک برقی قندیل ہوتی ہے جو ذخیرہ خانہ کی رَو سے روشن کیجاتی ہے۔ اس دوسری سطح کی تنویر کو حسب ضرورت متعدد طریقوں سے تبدیل کرکے

(مثلاً اس کی وضع ترچھی کر کے) پہلی سطح کی تنویر کے مساوی بناتے ہیں۔ اور پیمانہ پر تنویر کا اندازہ کرلیا جاتا ہے۔ ایسے آلہ کے پیمانہ کی پہلے سے تعییر کرلی جاتی ہے۔

روشنی پر مزید مشقیں

(۱) جب دو متوازی آئینوں کے بیچ میں ایک الپن چبھویا جاتا ہے تو متعدد خیال نظر آتے ہیں۔ جن شعاعوں کے ذریعہ ایک آئینہ میں تیسرا خیال دکہائی دیتا ہے، شکل کہینچ کر اُنکا راستہ بتاؤ۔

(۲) دو مستوی آئینوں کو ۲۷ درجہ پر مائل رکھو اور ان کے زاویۂ میلان میں ایک الپن کہڑا کر کے اُس کے خیالوں کے محل دریافت کرو۔

(۳) ایک منحنی کہینچو جس سے ایک متوازی پہلوؤں کی تختی میں سے ٹیڑہی گزرنے والی شعاع کے جانبی انتقال کا تعلق شعاع کے زاویۂ وقوع کے ساتھہ معلوم ہو سکے۔

(۴) شیشہ کا ایک مکعب حوض پانی سے بہر دیا جاتا ہے اور اس کے اندر انتصابی وضع میں ایک الپن کہڑا کر دیا جاتا ہے۔ حوض کے ایک پہلو میں منعطف ہونے والی شعاعوں کا آتشی منحنی کہینچو۔

(۵) اسطوانی شکل کے آئینہ سے شعاعوں کے انعکاس سے جو آتشی منحنی پیدا ہوتا ہے اُس کی شکل کہینچو۔ ایک الپن کو شخص قرار دو اور دو اور الپنوں کے ذریعہ منعکس شعاعوں کی سمتیں دریافت کرو۔ یہہ عمل محدب اور مقعر دونوں قسم کے آئینوں کے ساتھہ کیا جائے۔

[نوٹ۔ نصف مقعر اسطوانہ نقشہ کشی کے کاغذ پر کہڑا کیا جائے اور آئینہ کے قطب کے ٹہیک مقابل اسطوانہ کی دائری تراشش کے محیط پر ایک الپن بطور شخص استادہ

کیا جائے اور دوسرے دو الپنوں کے ذریعہ آتشی منحنی کی شکل دریافت کیجائے۔ جب شخص لاتناہی دور ہو یا بالفاظ دیگر شعاعیں قطب اور مرکز کو ملانے والے خط کے متوازی ہوں تو منحنی کی کیا شکل ہوگی معلوم کرو۔ مترجم]

(۶) ایک اسطوانی شکل کے گلاس میں پانی بھر کر ہوا میں منعطف ہونے والی شعاعوں کا آتشی منحنی بتاؤ۔ بطور شخص گلاس میں ایک الپن کھڑا کردیا جائے اور دو اور الپنوں کے ذریعہ منعطف شعاعوں کی سمتیں دریافت کیجائیں۔

(۷) اسطوانی عدسہ میں سے متوازی شعاعوں کا انعطاف ہوکر جو آتشی خط بنتا ہے اس کی شکل دریافت کرو۔ (اگر اسطوانی عدسہ نہ مل سکے تو مناظری قندیل کے عدسۂ مکثفہ کا نصف استعمال کیا جاسکتا ہے)۔

(۸) پانی کے اسطوانی گلاس میں ایک الپن انتصابی وضع میں کھڑا کیا جاتا ہے۔ الپن سے نکل کر ہوا میں خارج ہونے والی شعاعوں کے راستے معلوم کرو۔ الپن کے قریب ترین مقام پر اگر آنکھ رکھی جائے تو اس کو الپن کا خیال کہاں دکھائی دیگا دریافت کرو۔

(۹) ایک محدب عدسہ میں سے متوازی شعاعوں کے گزرنے کا راستہ دریافت کرو اور اس سے اُس کا ماسکی طول اخذ کرو۔

(۱۰) ایک مقعر عدسہ میں سے متوازی شعاعوں کے گزرنے کا راستہ بتاؤ اور اس سے اُسکا ماسکی طول نکالو۔

(۱۱) دئیے ہوئے محدب عدسہ کا تین مختلف طریقوں سے ماسکی طول دریافت کرو۔

(۱۲) دئیے ہوئے محدب عدسہ کو اس طرح رکھو کہ پردہ پر شخص کا "قد میں سہ چند" خیال تیار ہو۔ پھر شخص سے پردہ تک کا فاصلہ ناپو، اور عدسہ کا ماسکی طول نکالو۔

(۱۳) الپنوں اور طریقۂ اختلاف منظر کے ذریعہ تجربہ کرکے ایک منحنی کھینچو جو دئیے ہوئے محدب عدسہ سے خیال اور شخص کے فاصلوں کا باہمی تعلق بتائے۔

(۱۴) دئیے ہوئے محدب عدسہ سے شخص کا جو خیال بنتا ہے اس میں اور شخص میں اقلّ فاصلہ کیا ہوسکتا ہے معلوم کرو۔ اور اس سے عدسہ کا ماسکی طول نکالو۔

(۱۵) دیا ہوا عدسہ ایک پردہ سے ۴۰ سم دور قائم کردیا جاتا ہے۔ دریافت کرو عدسہ سے کس فاصلہ پر شخص رکھا جائے تاکہ پردہ پر اس کا ممتاز الحدود خیال پیدا ہو۔ خیال کی خطّی تکبیر بھی دریافت کرو۔

(۱۶) ایک گہری شیشہ میں دیا ہوا مائع بھرنے سے جو عدسہ بنتا ہے اس کا ماسکی طول دریافت کرو۔

(۱۷) دئیے ہوئے دو محدب عدسوں کو اس طرح ترتیب دو کہ پہلے عدسہ میں سے متوازی شعاعیں گزر کر دوسرے عدسہ کے اصلی ماسکہ پر مکرّر جمع ہو جائیں۔

(۱۸) دئیے ہوئے دو عدسوں کے مجموعہ کا ماسکی طول ناپو جبکہ (ا) عدسے ایک دوسرے سے متصل ہوں، (ب) ان میں دو سنتی میتر فاصلہ ہو۔

(۱۹) دئیے ہوئے مقعر عدسہ کی سطحوں کے لصف قطرِ

انحنا کی تعیین کرو۔

(۲۰) دیئے ہوئے محدب عدسہ کی سطحوں کے نصف قطر انحنا کی تعیین کرو۔

(۲۱) ایک محدب عدسہ کو ترتیب دیکر پردہ پر حقیقی خیال تیار کرو۔ عدسہ اور پردہ کے بیچ میں ایک مقعر عدسہ کو ایسی جگہ رکھو کہ جب ایک مستوی آئینہ اُس کے پیچھے انتصابی وضع میں کھڑا کیا جاتا ہے تو خیال شخص سے منطبق ہو جائے۔ اس سے مقعر عدسہ کا ماسکی طول نکالو۔

(۲۲) ایک مقعر آئینہ کا مرکز انحنا دریافت کرو۔ آئینہ اور اس کے مرکز انحنا کے درمیان ایک عدسہ کھڑا کرو۔ اور ایک الپن کے لئے ایسا محل تلاش کرو کہ وہ اپنے خیال کے ساتھ، جو عدسہ میں سے شعاعیں گزر کر آئینہ سے منعکس ہونے سے پیدا ہوتا ہے، منطبق ہو جائے۔ اس سے عدسہ کا ماسکی طول نکالو۔ کس صورت میں یہہ طریقہ ناکامیاب ہوگا؟ آیا یہہ طریقہ محدب عدسہ کے ساتھہ ہی ممکن ہے؟

(۲۳) جھری، منشور اور عدسوں کو ترتیب دیکر پردہ پر ایک خالص طیف تیار کرو۔

(۲۴) طیف پیما کی میز پر ایک منشور کو اقلّ انحراف کی وضع میں ترتیب دو۔ منشور کے پہلے پہلو سے منعکس شعاعوں کی سمت دریافت کرکے اُس پر نور کے وقوع کا زاویہ کیا ہوتا ہے ناپ لو۔

(۲۵) ایک منحنی کھینچ کر دئے ہوئے منشور میں زاویۂ انحراف اور زاویہ وقوع کی تبدیلی کا تعلق بتاؤ۔

(۲۶) دوربین کو ایک وضع میں قائم رکھہ کر، طیف پیما کے منشور کی میز کو پھیر کر منشور کا زاویہ ناپو۔ پہلے منشور کے ایک پہلو سے نور کو منعکس کرا کر جھری کا خیال معائنہ کیا جائے اور پھر دوسرے پہلو سے منعکس کرا کر۔ (واضح ہو کہ اِن دو وضعوں میں جو زاویہ ناپا جائیگا منشور کے زاویہ کا تکمیلی زاویہ ہوگا۔)

(۲۷) چھوٹے زاویہ کا ایک کھو کھلا منشور لیکر طیف پیما کے ذریعہ سے دو مائعوں کے انعطاف نماؤں کی نسبت دریافت کرو۔

(۲۸) کیلسیم، سٹرونشیم اور بیریم کے شعلوں کے طیوف کا نقشہ تیار کیا جائے۔

تمّت

ضمیمہ

سوڈیم کے نور کیلئے مختلف اشیاء کے انعطاف نما

اشیاء (بصراحت تپش)	انعطاف نما (م)
پانی (۱۷٫۵° مئی)	۱٫۳۳۳۳۲
الغول (۱۵٫۰° م)	۱٫۳۶۳۵
انیلین (۲۰٫۰° م)	۱٫۵۸۶۳
بنزین (۲۱٫۶° م)	۱٫۵۰۰۴
کاربن ڈائی سلفائیڈ (۲۰٫۰° م)	۱٫۶۲۷۶
بروم نفطلیس (۲۰٫۰° م)	۱٫۶۵۸۲
کراون شیشہ (معمولی)	۱٫۵۳
؍؍ (سنگین)	۱٫۶۱
فلنٹ شیشہ (معمولی)	۱٫۶۵
؍؍ (سنگین)	۱٫۷۴
بلور (معمولی شعاع)	۱٫۵۴۴۲
؍؍ (غیر معمولی شعاع)	۱٫۵۵۳۳

طول موج

طول موج عموماً انگسٹروم والی اکائیوں میں ناپے جاتے ہیں (Å) - ان کو دسوا میتر ($۱۰^{-۱۰}$) ہی کہتے ہیں۔
بعض اوقات ان اکائیوں سے دہ چند بڑی اکائیوں کے ذریعہ بھی ان کی پیمائش ہوتی ہے۔ اس اکائی کو میکرو ملی میتر (مم) کہتے ہیں۔

شمسی طیوف

کرۂ ہوائی		A	۷۶۰۴
"		B	۶۵۶۷
ہیڈروجن	(α)	C	۶۵۶۲
سوڈیم		D_1	۵۸۹۵
"		D_2	۵۸۸۹
کیلسیم		E	۵۲۶۹
مگنیسیم		B_1	۵۱۸۴
ہیڈروجن		F	۴۸۶۱
لوہا		G	۴۳۰۷
ہیڈروجن	(δ)	L	۴۱۰۲
کیلسیم		H	۳۹۶۷
"		K	۳۹۳۴

فلزات کے شعلوں کے طیوف

پوٹیسیم (سرخ)	۷۸۶۵
لیتھیم (سرخ)	۶۷۰۵
〃 (نارنجی)	۶۱۰۳
سوڈیم (زرد)	۵۸۹۵
〃 (〃)	۵۸۸۹
پارا (زرد)	۵۷۹۰ ۵۷۶۹
〃 (سبز)	۵۴۶۱
تھیلیم (سبز)	۵۳۴۸
سٹرونشیم (آسمانی)	۴۶۰۷
پارا (بنفشئی)	۴۳۵۹
کیلسیم (بنفشئی)	۴۲۲۶
پوٹیسیم (بنفشئی)	۴۰۸۰

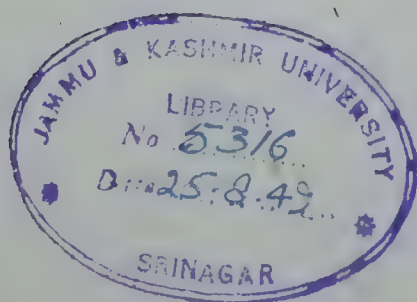
تنبیہ منجانب مترجم۔

آخری صفحہ پر نور کے طول موج کی جو فہرست دی گئی ہے "ایلن اینڈ موُر" کی عملی طبیعیات کی کتاب سے نقل کی گئی ہے۔ اس میں طول موج کی قیمتیں عموماً تقریبی ہیں، لیکن معمولی طیف پیمائی کے لئے کافی صحیح ہیں۔

اگر طیف پیما کی تعییر کے لئے صفحہ (۱۹۲) کے خطوں سے بھتر خطوط کا انتخاب مقصود ہو تو پروفیسر کولّی کی ہدایات کے بموجب {ملاحظہ ہوں پروسیڈنگز آف دی رائل سوسائٹی اے " ۲۵ (۱۹۰۴)} ہیلیم اور ہیڈروجن کی خلائی نلی میں پارے کا بخار شریک کیا جائے۔ اس سے پارے کے طیف کے بعض خطوط تیز ہو جاتے ہیں۔ ذیل میں اس طیف کے خطوط کے طول موج درج کئے جاتے ہیں :-

ہیلیم	سرخ	۷۰۶۵٫۴۸	انگسٹروم والی اکائی
〃	〃	۶۶۷۸٫۳۷	〃
ہیڈروجن	〃	۶۵۶۳٫۰۴	〃
پارا	نارنجی	۶۱۵۲٫۳	〃
ہیلیم	زرد	۵۸۷۵٫۸۷	〃
پارا	〃	۵۷۹۰٫۵	〃
〃	〃	۵۷۶۹٫۵	〃
〃	سبز	۵۴۶۱٫۰	〃
ہیلیم	〃	۵۰۱۵٫۷۳	〃

〃	〃	۴۹۲۲٫۱۰	〃	〃
ہیڈروجن	آسمانی	۴۸۶۱٫۴۹	〃	〃
ہیلیم	〃	۴۷۱۳٫۲۵	〃	〃
〃	بنفشئی	۴۴۷۱٫۶۵	〃	〃
پارا	〃	۸۳۵۸٫۶	〃	〃
ہیڈروجن	〃	۴۳۴۰٫۶۶	〃	〃

واضح ہو کہ یہہ خطوط طیف میں تقریباً مساوی فاصلوں پر پھیلے ہوے ہیں۔ ان سے تعییر کا منحنی باآسانی تیار ہو سکیگا۔

فہرست اصطلاحات

SOUND (آواز)

A	Antinode	ضد عقدہ
B	Beats	ضربیں
F	Frequency	تعدد ارتعاش
I	Interference	تداخل - تناقض
K	Kundt	کُنٹ
N	Node	عقدہ
P	Pitch	امتداد
R	Resonance	گمک
S	Siren	گائن
	Sonometer	صوت پیما
	Stationary vibration	مقیم ارتعاش
T	Tension	تناؤ
	Transverse vibration.	عرضی ارتعاش
	Tune	ہم سُر کرنا - سُر ملانا
V	Velocity	رفتار
W	Wave-length.	طول موج
Y	Young's modulus	ینگ کا لچک کا معیار

LIGHT (نور)

A	Absorption bands	جذبی بند
	Accommodation	توفیق

	Altitude	ارتفاع
	Ångström Units	انگسٹروم کی اکائیاں
	Axis	محور
	Azimuth	السّمت
B	Bunsen	بنسن
C	Calibration curve	تعییری منحنی
	Candle-foot	بتی - فٹ
	Candle power	بتی طاقت
	Caustic curve	آتشی منحنی
	Chlorophyll	کلوروفل - پتوں کا سبزلونی مادّہ - مخضّرہ
	Collie (prof. J : N.)	پروفیسر کولیؔ
	Collimator	توازی گر
	Condensing lens	مکثف نور عدسہ
	Conjugate foci	زوجی ماسکے
	Constant deviation spectrometer	مستقل انحراف کا طیف پیما
	Critical angle	زاویہ فاصل
	Cross-wires	صلیبی تار
	Curvature	انحناء
D	Deviation	انحراف
	Dioptre(or diopter)	ڈائی آپٹر، بصریہ
E	Eye-lens	عدسۂ چشم
	Eye-piece	چشمہ
F	Flicker Photometer	ٹمٹماہٹ والا ضیاپیما
	Focal length	ماسکی طول
	Fraunhofer lines	فراون ہوفر کے خطوط

G	Grubb(Sir Howard)	سرہاورڈ گرب
H	Horizon glass	افقی شیشہ
I	Incandescent	سفید روشن
	Image	خیال
	Index glass	انڈکس شیشہ یا نمائندہ شیشہ
	Induction coil	امالی لچھا
	Interpolation curve	ادراجی منحنی
	Iris	پردہ عنبیہ
J	Joly	جولی
L	Leyden Jar	لائیڈن کا مرتبان
	Lumen	لومن
	Lummer-Brodhun	لمّر۔ بروڈہون
	Luminous flux	نوری نفاذ
	Lux	لکس
M	Microscope	خرد بین
	Micro-millimetre (μμ)	میکرو ملی میتر (مرمر)
N	Normal adjustment (of telescope)	(دوربین کی) طبعی ترتیب
O	Object glass	دہانہ
	Objective	عدسہ شخص
	Optical bench	مناظری تختہ
	Optical lantern	مناظری قندیل
P	Parallax	اختلاف منظر
	Pentane lamp	پنٹین کا چراغ
	Photometer	ضیا پیما
	Pole of mirror	آئینہ کا قطب

	English	Urdu
	Principal focus	اصلی ماسکہ
	Prism	منشور
	Projection lens	ظل ڈالنے والا عدسہ
	Protractor	زاویہ پیما
R	Range-finder	حدگیر۔ رینج فائنڈر
	Real	حقیقی
	Reciprocal	متکافی
	Refractive index	انعطاف نما
	Rotation	تحویل
	Rumford	رمفورڈ
S	Sagitta	سیگٹا یا عمقِ قوس
	Sextant	آلہ سدس
	Spark	شرارہ
	Spectroscope	طیف نما
	Symmetric points	متشاکل نقطے
T	Telescope	دوربین
	Tenth-metre	دسوامیتر
	Terminal	سرا
	Total internal reflection	کلی داخلی انعکاس
	Turn-table	ٹرن ٹیبل یا گردشی میز
V	Vacuum tube	خلائی نلی
	Virtual	مجازی
W	Wilson (Dr: W)	ڈاکٹر ڈبلیو ولسن

اغلاط نامہ

طبیعیات عملی۔ آواز و روشنی

آواز

صفحہ	سطر	بجائے	پڑھا جائے
۱	۸	آواز کی تعیین	آواز کی رفتار کی تعیین
۲	۱۱	$\sqrt{\frac{۴ ک}{ث}}$	$\sqrt{\frac{۲ ک}{ث}}$
۲	۱۵	حذر المربع	جذر المربع
۳	۴	کسی معمولی تپش پر بھی	کسی بھی معمولی تپش پر
۳	۱۸	اباعد	ابعاد
۸	۲۴	$= لَ_۱$	$= ل_۱$
″	۲۵	$= لَ_۲$	$= ل_۲$
۹	۱۹	$\frac{ع_۱}{ع} = \frac{ل_۲}{ل_۱}$	$\frac{ع_۱}{ع_۲} = \frac{ل_۲}{ل_۱}$
۱۴	۱۲	آرگن تلی	ارگن نلی

صفحہ	سطر	بجائے	پڑھا جائے
۱۴	۲۳	چھوٹے	چھولے
۱۸	۱۴	مینڈ کی تنکاوں	مینڈوں کی شکل
۲۰	۳	ینگ کے ٹچک کا	ینگ کا لچک کا
۲۴	۱۴	ایک کئی	کئی
〃	۱۶	دزن کی	وزن کے
〃	۱۷	بائیں	باٹ
۲۵	۸	ایک ڈوری	ڈوری
۲۸	۲۱	ترتیب دو	ٹھیک کرو
۳۱	۶	جا ول	جدول
۳۵	۱۰	ایک تار	تار
〃	۱۲	ایک کافی	کافی
〃	۱۳	کرلیا جائے	کرلی جائے
۳۶	۱۶	ہوتے ہیں۔	ہیں۔
۳۷	۲	تغیر	تغیرات
۴۱	۲	خاض	خاص
۴۳	۱۱	عالس	عاکس
۴۴	۳	الپتوں	الپنوں
۴۹	۴	یک مستوی	ایک مستوی
۵۱	۱۸	کلاس	گلاس
۵۴	۹	ن ش	ن شؔ
〃	آخری	کھنچکر	کھینچکر
〃	〃	الپین	الپن
۵۵	۷	سلٹ	سیٹ

صفحہ	سطر	بجائے	پڑھا جائے
۵۶	۱	کی مستوی	کے مستوی
〃	۱۷	اسکی	اسکو
۵۷	۳	دائرۂ	دائرہ
۵۹	۸	واقع شعا	واقع شعاع
۶۰	۱۵	زاوئیہ (ژ)	زاویہ (ش)
〃	آخری	ایک تاؤ	تاؤ
۶۱	۸	رشنی	روشنی
〃	۱۷	شعاع ۔ واقع	شعاعِ واقع
۶۲	۱۰	متذکر	متذکرہ
۶۳	۱۱	شعاع ۔	شعاعِ
۶۸	۱۹	سے	ہے
۶۹	۳	ہوا م پانی	ہوا م شیشہ
۷۰	۲	ق ، ق	ق ، قَ
۷۱	۵	ق غ	ق ع
〃	۷	س عَ / س عَ	س ع / س عَ
〃	۸	لی جائیں	لئے جائیں
۷۳	۱۵	گسر	کسر
۷۷	۳	کے ایک	کے
۷۹	۳	اُسی	اُس
۸۰	۱۴	کھنگے	کہینگے
۸۱	۴	اباعد	ابعاد
〃	۶	بنسل ایک	پنسل

صفحہ	سطر	بجائے	پڑھا جائے
۸۱	۱۵	آئینو	آئینہ
۸۳	۱۳	چھوٹے	چھوٹی
"	۱۵	گی	کی
۸۸	۱۲	یر	پر
"	آخری	گئے	نئے
۹۳	۱۵	محور	محورہ
"	۱۶	تو عدسہ	تو وہ عدسہ
۹۹	۲۱	منہ	منہم
"	۲۳	بات رکھنی	بات یاد رکھنی
۱۰۰	۹	ایک حقیقی	حقیقی
۱۰۵	۶	طرقہ	طریقہ
۱۰۶	۱۲	الیکن	لیکن
۱۰۹	۲	گرو - اور والپن	گرو - اور الپن
۱۱۰	۱۰	ٹیل	ٹیبل
۱۱۵	۱۸	۰انعطاف نما	انعطاف نما
۱۱۶	۲	بائع	مائع
۱۱۷	۷	"	تابع
۱۲۰	۲	کسر کے آگے مساوات کی علامت (=) بڑھا دی جائے۔	
۱۲۱	۱۱	عرضنی	عرضی
۱۲۲	۱۲	چیسر	چینیر
۱۲۳	۷	موروں	موزوں
۱۲۵	۱۶	بھ	پھ

صفحہ	سطر	بجائے	پڑھا جاوے
۱۲۶	۵	(۹۵	(۹۵)
"	۸	پیمائشی	پیمائشی
۱۲۷	۸	(ح)	(خ)
۱۳۱	۱۰	گو	کو
۱۳۳	۱ اور ۲	دونوں سطحیں اس جانب محدب ہوں	سطحوں میں سے کوئی سطح اس جانب محدب ہو
۱۳۹	۷	آ۲ ب۲	ا۲ ب۲
۱۴۵	۱۰	سمت	سمت،
۱۵۰	۱۱	مکثفۂ نور	مکثف نور
۱۵۱	۲	(جوابی)	(نظیری)
"	شکل ۴۴ میں	ظل دالنے والا	ظل ڈالنے والا
۱۵۲	۱۰	شخص پر	شخص کے
"	۱۷	ا۔ک	ا-ک
۱۵۸	۵	سہارا جاتا	رکھا جاتا
"	۱۶	ہوتا ہے	ہو
"	۲۰	ایک لونی،	ایک لونی،
۱۵۹	۱۵	بٹھائے	جمے ہوئے
۱۶۲	۱۲	دوربین میں	دوربین میں،
۱۶۴	۱۴	پھرتے	پھیرتے
"	آخری	پیمائش	پیمائش

صفحہ	سطر	بجائے	پڑھا جائے
۱۶۶	۴ اور ۵	اور زیادہ قریب ہوسکیگا۔	جتنا قریب ہونا ممکن ہو قریب ہو جائیگا
۱۶۷	۱	دیکھو لو	دیکھ لو
۱۷۱	۲	کی الغولی محلول	کے الغولی محلول
۱۷۳	۶	'فٹ پتی'	'فٹ بتی'
۱۷۴	۱۸	پتی	بتّی
۱۷۵	۱۱	نلی	ظلی
"	آخری	پہلے کے	پہلے
۱۷۶	۲	اس کا	اُس کا'
۱۸۰	۱۲	طاقت تنویر کا ایک موم بتی سے	طاقت تنویر کا' ایک موم بتی' سے
۱۸۲	۱۹	بائل	حائل
۱۸۴	۳	لہذا اُس	لہذا اِس
۱۸۷	۱۴	تکثفہ	تکثف
"	۱۸	تمریں	ترین